Un fascinante recorrido a través del concepto de tiempo en la historia de la cultura occidental.



PIETRO REDONDI

Historias del tiempo

TRADUCCIÓN DE HELENA AGUILÀ



EDITORIAL GREDOS, S. A.

MADRID

Editorial Gredos
18 de febrero de 2010
ISBN-10: 8424903803
ISBN-13: 978-8424903800

PRIMERA PARTE

NATURALEZA Y CULTURA DEL TIEMPO

Nos jours passent comme l'ombre.

Meridiana de la iglesia de Rhêmes-Notre-Dame
(Aosta, Italia)

... de ti quiero tener nuevas cada hora,
y cada instante, pues los minutos se me antojan días.

WILLIAM SHAKESPEARE, *Romeo y Julieta*, acto III, escena V*

Esta separación entre pasado, presente y futuro, aunque tenaz, solo constituye una ilusión.

Albert Einstein, Michele Besso, *Correspondance 1903-1955*,
París, Hermann, 1972, pág 538

¡Singular némesis histórica la del Padre Tiempo! Antaño se lo representaba como destructor de todas las cosas, como insaciable devorador de sus hijos, los seres humanos. En cambio, ahora somos nosotros quienes lo devoramos, cada vez más hambrientos de tiempo, y andamos siempre pisándole los talones para cazar al vuelo aunque solo sean unas migajas, y nos lo disputamos unos a otros.

Dignos hijos de aquella alada figura de un Padre Tiempo volátil y despreocupado, nosotros, en el fondo, tampoco nos preocupamos demasiado por saber qué es, ni cómo es, este progenitor nuestro; solo deseamos tener más. Y, si pensamos en el tiempo, lo hacemos en circunstancias poco comu-

* William Shakespeare, *Romeo y Julieta* (trad. del Instituto Shakespeare dir. por M. A Conejero), 10ª ed., Madrid, Cátedra, 2001. (*N. de la t.*)

nes: cuando hay un día bisiesto; o cuando, tras un viaje aéreo transoceánico, nos sentimos completamente desorientados; o cuando la hora legal de verano se sustituye por la hora solar invernal, y parece que nos regalan una hora más de vida. Entonces, de pronto, advertimos el poder que esta entidad colectiva llamada «tiempo» ejerce sobre la sociedad y sobre nosotros, y sentimos por él un respeto casi ancestral, como el que se siente ante un poder invisible, superior e inescrutable.

Los cambios de siglo y, más aún, los de milenio, son ocasiones en las que también solemos reflexionar y debatir acerca del tiempo. No me refiero al año 1000, ni a la leyenda sobre un retorno de Satanás anterior al 1033, aniversario de la muerte de Jesucristo, sino a nuestra todavía reciente entrada en el tercer milenio, y a la diatriba cronológica entre quienes creían que el nuevo milenio comenzaba la medianoche del 31 de diciembre de 1999 (opción infinitamente mayoritaria) y quienes afirmaban que empezaba justo un año después, el 31 de diciembre de 2000. Por no hablar de los inolvidables temores que suscitó el denominado «efecto 2000», teoría según la cual, al superar la cifra de 1999, los sistemas de numeración bloquearían los ordenadores. Este rumor —especialmente en Estados Unidos— alimentó la pesadilla de un apocalipsis tecnológico, que incluía catástrofes en los transportes e interrupciones de energía y suministros, seguidas de un inevitable caos.

Solo nos hacemos preguntas acerca del tiempo en momentos excepcionales, y a través de pensamientos efímeros. Por ejemplo, cuando empieza un nuevo año, todos nos sentimos obligados a comprar esa especie de «libro de horas» que es la agenda actual, semanal o diaria. Antes de elegirla, mientras hojeamos sus páginas, ya creemos ver cómo se configuran nuestros meses en tal o cual formato, y, de repente, nos sorprendemos pensando que, en el fondo, nosotros, al igual que esas agendas o almanaques, también podemos diseñar nuestro futuro mediante una planificación personal. Sin embargo, no nos detenemos en dicho pensamiento: no tenemos tiempo. Y echamos una ojeada a las fotografías de desnudos femeninos que adornan nuestros calendarios. Los miramos sin comprender por qué se encuentran allí: ¿acaso existe algún vínculo entre esas imágenes de juventud y el paso del tiempo que representa el calendario?

DEMONIO O ÁNGEL DE LA GUARDA

Concretemos: cuando pensamos en el tiempo, pensamos en algo dentro del orden de las cosas, que corre externo a nosotros del futuro al pasado. Un fluir constante que es prerrogativa absoluta del tiempo: *forma fluens*, como decían los filósofos escolásticos.

No obstante, la idea de esta entidad inmaterial e invisible que llamamos «tiempo» también es el producto —al igual que todas las cosas— de una historia que forma parte de nuestro presente, aunque no es una historia que pueda contarse a base de descubrimientos e invenciones. Y es que la línea del tiempo está llena de trayectos, de vaivenes meticulosos y dilemas no resueltos, lo mismo que esos laberintos clásicos donde parece imposible hallar el nexo entre las dos puertas. De las dos puertas por las que se accede al tiempo, una da a la sucesión objetiva, externa a nosotros, de acontecimientos naturales o artificiales; la otra, a nuestra conciencia de las duraciones e intervalos.

La multiforme historia del tiempo se inscribe en esta separación entre exterioridad e interioridad, entre objetividad y subjetividad. Y, antes de ser una cuestión de psicología o de filosofía, es un problema de historia, un proceso de construcción elaborado a través de las épocas del pasado, proceso que, silenciosamente, sigue formando parte de nuestro presente.

Nuestra civilización moderna occidental se ha dedicado como no lo había hecho ninguna civilización del pasado al control matemático del tiempo, y también a aplicar su utilización sistemática a nuestra sociedad y a nuestra vida personal. Y ha apostado tanto por el dominio del tiempo que, hoy en día, si los relojes dejaran de funcionar, todo se detendría, lo cual supondría un verdadero apocalipsis en nuestro opulento mundo industrializado. Para nuestro sistema industrial de vida, sería más fácil sobrevivir sin petróleo que sin reloj. Pero no es necesario llegar a tales paradojas; basta pensar en cualquier habitante de nuestras metrópolis: sin reloj, no es nadie.

En la actualidad, no sabría decir si nuestra relación con los relojes es de amor o de odio. Digamos que se trata de una relación de conflictividad defensiva. Según parece, el tiempo es un demonio al cual debemos inmolarnos, que nos hace repetir una y otra vez fórmulas aparentemente irra-

cionales como «cuando tenga tiempo», «cuando tenga un minuto». Estas expresiones son síntomas de una evidente confusión entre el tiempo colectivo, medido por el reloj, y nuestro tiempo personal. Para muchas personas, el tiempo ha dejado de ser la dimensión de la libertad, de los proyectos y el futuro por construir, para convertirse en una cuenta atrás marcada ineludiblemente por el reloj y el calendario.

La actual sensación de falta de tiempo demuestra que el tiempo colectivo ha invadido por completo el tiempo personal. Este hecho no es solo una consecuencia de los ritmos de trabajo y de vida típicos de las sociedades industriales. La escasez de tiempo se ha incrementado en los últimos años, desde que la industria de la información y la comunicación se ha instalado en cada átomo del tiempo libre del individuo, conforme a nuestro dogma «conexión desde cualquier lugar, siempre». La impresión de que el tiempo es escaso ha crecido de forma directamente proporcional a las posibilidades que se nos ofrecen de reducir o anular el tiempo: teléfonos móviles que pueden conectarse a la red, ordenadores portátiles, correo electrónico o fax nos atraen y persiguen, haciendo todo lo posible para que no invirtamos ni una pizca de nuestro tiempo fuera de esa especie de comunión social de la comunicación, la rentabilidad y el consumo. Cuanto más nos piden que seamos localizables, puntuales y flexibles a cada instante y cada día de nuestra vida, menos clara está la distinción entre tiempo colectivo y tiempo personal.

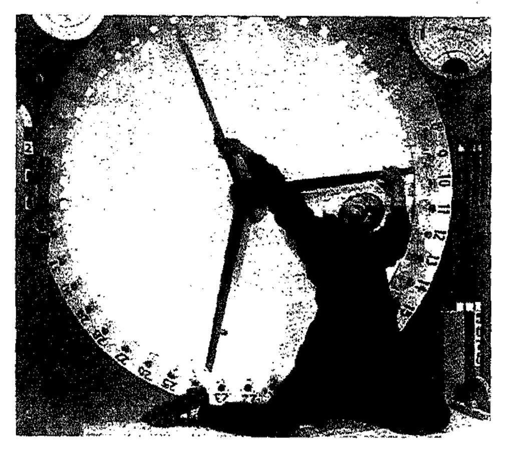
Reflexionar sobre la historia y la mensuración del tiempo no es una curiosidad de coleccionistas de relojes, sino que dice mucho acerca de una cultura tan «cronodependiente» como la nuestra, en la cual vivimos rodeados de sistemas de movilidad y comunicación cuyo fin es ganar tiempo, y en la que el tiempo ahorrado nunca es suficiente. Lo mismo ocurre con el dinero, del cual solo hablamos para confirmar que no tenemos suficiente. No obstante, existe una diferencia: todos (o casi todos) sabemos distinguir nuestra economía personal de la economía pública, mientras que no diferenciamos nuestro tiempo personal del tiempo de los relojes, y tendemos a equipararlos, como si pertenecieran a la misma dimensión. Hoy existe un problema temporal —procedente, en parte, de un déficit de conocimiento y reflexión— mayor que el que existía en el pasado respecto a todo aquello que etiquetamos bajo el nombre de «tiempo» (Jönsson, 2000).

Hace casi dos siglos, en la época en que, gracias a los primeros ferrocarriles y las Bolsas, se propagaba en Europa la moderna civilización industrial, Honoré de Balzac, en su novela *La piel de zapa* (1831), contaba la historia de un joven periodista y escritor lleno de esperanzas pero desafortunado. Quiso el destino que, un día, dicho joven entrara en la tienda de un anticuario, donde encontró un talismán mágico, imagen del tiempo por vivir. Se trataba de un trozo de piel de asno salvaje que podía concederle cualquier deseo a su dueño, aunque, a cada deseo, menguaba.

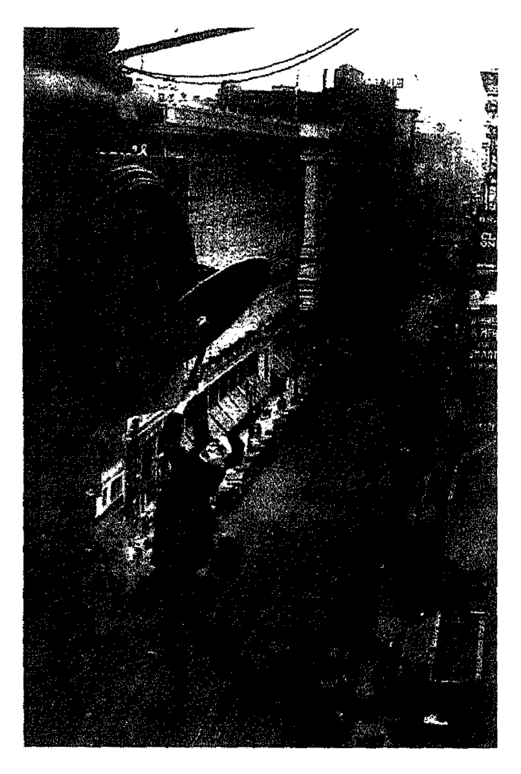
De un modo más prosaico, hoy existen cursos y manuales de gestión del tiempo (*time management*) para directivos de empresa, que proponen como medicina contra el estrés generado por la escasez de tiempo («el recurso más escaso que tenemos») talismanes en forma de recetas, como «asignar un tiempo determinado a cada actividad» o «pactar con el reloj», o bien en forma de antídotos que parecen dictados por esa misma impaciencia que, en teoría, debería ser el mal contra el cual se lucha: «¡Partamos de nosotros mismos y adelante!» (Costa y Botteri, 2002).

Es increíble que, en una sociedad que ha elegido como destino la tecnología, nos pasemos el día espiando el reloj como si fuera el enemigo, en vez de verlo como un instrumento de interacción humana comparable al teléfono o la televisión. Además, en nuestro imaginario, el papel del reloj es una metáfora de la sumisión a la explotación y las convenciones. Pensemos en la película de Fritz Lang *Metrópolis* (1927), y en sus imágenes del obrero-esclavo crucificado por las manecillas del reloj de los tiempos de producción; o en la escena presidida por una esfera de reloj dividida en las diez horas de las que constaba entonces la jornada laboral en una fábrica (fig. 1); o en la inmensa máquina que aplasta a Charlie Chaplin en *Tiempos modernos* (1935), cuyos mecanismos se asemejan más a los de un reloj que a los de una prensa industrial. Recordemos también la famosa escena del *thriller* cómico *Safety Last!* (*El hombre mosca*, 1923), protagonizada por Harold Lloyd, quien se ve obligado a encaramarse a la fachada de un rascacielos (símbolo de la escalada al éxito social), queda suspendido en el aire y se balancea en el vacío, asido a las inestables manecillas del gran reloj eléctrico del edificio (fig. 2).

En mi opinión, dentro de la historia del cine, una de las muestras más despiadadas de esta simbología negativa del tiempo colectivo, medido por



1. *Metrópolis* (Alemania, 1927), dirigida por Fritz Lang.
En el año 2026, en una megalópolis, los obreros de una fábrica del mundo subterráneo se rebelan, incitados por un androide que se presenta bajo el aspecto de una obrera. El filme muestra varias veces el reloj como instrumento al servicio de los poderosos. Aquí, la imagen —inspirada en la iconografía de Sísifo, el mortal condenado a empujar una piedra enorme en el Hades— representa un cuerpo a cuerpo entre el obrero y las manecillas de un cronómetro, cuya esfera solo incluye las diez horas de la jornada laboral en la fábrica.



2. Harold Lloyd en *Safety Last!* (*El hombre mosca*, Estados Unidos, 1923), dirigida por Fred Newmeyer y Sam Taylor.

el reloj, es el tictac frío y racional del péndulo que resuena en el vacío de comunicación existente entre los personajes de *Ordet* (1955), de Carl Th. Dreyer. Una representación más inhumana todavía del reloj puede verse en el cuadro de Alberto Savinio titulado *Fidelidad* (1949). Vemos a dos cónyuges, en la típica pose de foto de familia, que, en lugar de rostro, tienen dos esferas de reloj idénticas, puestas a la misma hora; son las máscaras vacías de convenciones sociales limitadas al puro formalismo, como puede ser la puntualidad (fig. 3).

Rebelde ante la uniformidad y la rígida división del reloj, el tiempo humano exige para sí, como escribió el historiador francés Marc Bloch (1998, pág. 137), «medidas adecuadas a la variabilidad de su ritmo, que puedan llegar a admitir como límites únicamente las zonas marginales, puesto que la realidad así lo requiere». Tal como observó el psicólogo Paul Fraisse, pese a que varias generaciones han plasmado nuestra experiencia de vida al ritmo de secuencias horarias exactas, nuestro cerebro sigue sin adaptarse a ello, y no tiende a percibir intervalos uniformes que nos obliguen a ir como si llevásemos un reloj encima. En realidad, nos ocurre todo lo contrario: no necesitamos un termómetro para saber si debemos quitarnos la chaqueta o no, ni tenemos que llevar un metro en el bolsillo para saber si podemos saltar un charco o no.

Con todo, no puede decirse que nosotros controlemos el reloj, sino, más bien, que los relojes controlan nuestras decisiones y regulan nuestros gestos, velando cotidianamente por nosotros como ángeles de la guarda. Hoy en día, no comemos porque tengamos hambre, sino cuando nos lo dice el reloj; no nos acostamos cuando estamos cansados, sino cuando así lo establece el reloj (Mumford, 1961, págs. 32 ss.). ¿Cómo es posible que el tiempo uniforme de los relojes haya acabado predominando sobre nuestras secuencias orgánicas? ¿Desde cuándo este tiempo abstracto se ha convertido en nuestro ambiente vital?

Conviene señalar que no se trata de un único tiempo, sino de múltiples relojes, calendarios y horarios colectivos y personales que se superponen y chocan entre sí, uno por cada una de nuestras cadenas de interdependencia social: plazos legales y fechas de caducidad; tiempos establecidos y tiempos de movilidad; tiempo definido o flexible; tiempo completo o parcial; tiempo de descanso y tiempo libre. El hecho de que la humanidad se vea

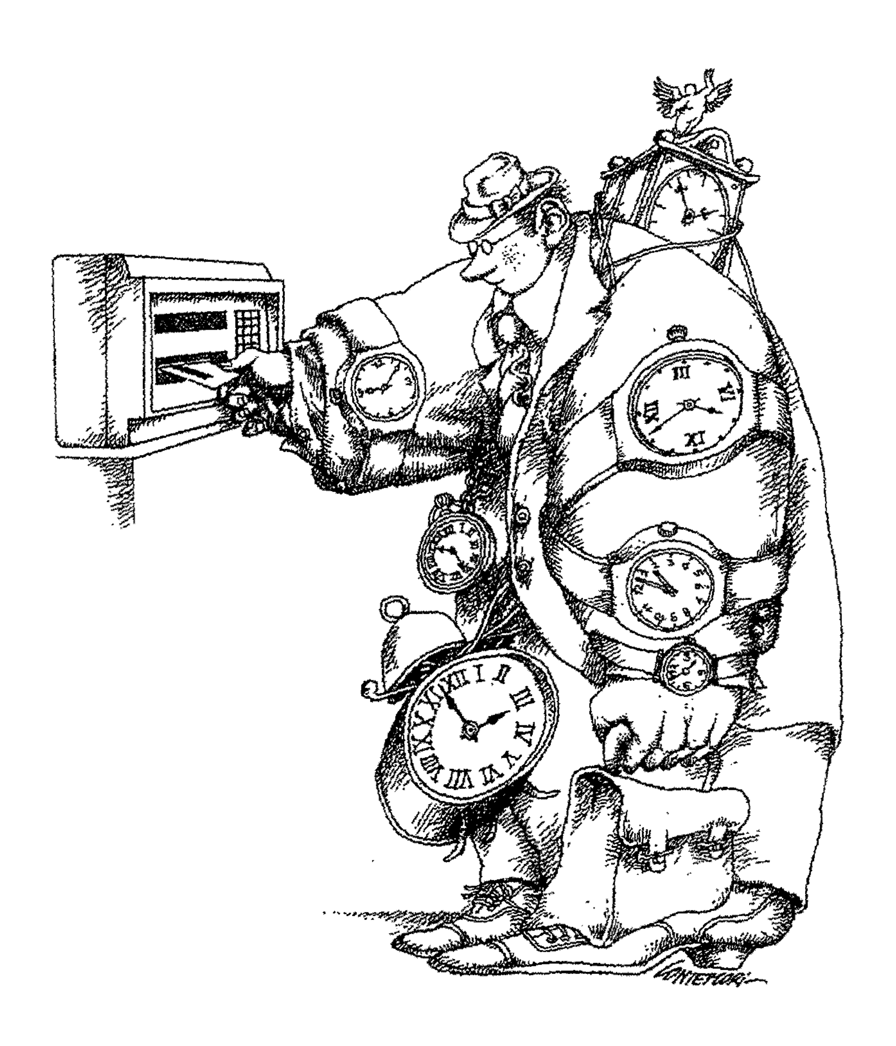


3. Alberto Savinio, *Fidelidad*, óleo y temple sobre masonite, 1949. Colección privada. Un hombre y una mujer. Ella posa sentada en una butaca; el marido, de pie junto a su esposa, le sostiene la mano y, con el otro brazo, le rodea los hombros. El vacío emocional entre ambos se expresa a través de la ausencia de rostros, sustituidos por dos relojes sincronizados, y queda acentuado por la riqueza del aspecto exterior, como puede verse por la elegancia de los trajes.

expuesta a una estratificación de escalas temporales, o a una «arquitectura temporal», no es un fenómeno nuevo (Pomian, 1992). Sin embargo, en las sociedades preindustriales, cuyos ritmos eran más lentos, el pasado se asemejaba más al presente, y el futuro también se veía como algo similar, de modo que se percibía una constancia y una larga duración del tiempo. En cambio, la actual aceleración de los ritmos de vida produce una fragmentación de nuestra experiencia temporal, y esta se contrae en la instantaneidad de un presente que se consume muy pronto.

Hoy en día, esta sensación de desintegración temporal, de atomización del tiempo en la inmediatez, se advierte incluso en las esferas de los relojes. Antaño, los relojes solo marcaban las horas en esferas de tipo analógico, esto es, circulares, que reproducían el continuo girar celeste del Sol durante veinticuatro horas. En dichas esferas, las doce del mediodía siempre están en lo alto, como cuando el Sol se encuentra en el cenit, y las manecillas giran de izquierda a derecha, el mismo sentido en que parece rotar el Sol en nuestras latitudes si se mira hacia el sur. Ahora, en cambio, los relojes que más se utilizan son los electrónicos, con esferas numéricas (es decir, digitales), en los cuales la hora aparece bajo la forma instantánea de una cifra puramente aritmética, sin ninguna referencia visible al tiempo natural, ni al tiempo transcurrido, ni al venidero.

Otro motivo de desconcierto es la imposibilidad de sincronizar los distintos horarios y relojes que nos asedian en una única escala temporal. Lido Contemori plasma esta condición del hombre contemporáneo en un dibujo satírico, el cual representa a un trabajador fichando, vencido por el peso de los muchos relojes que lleva encima, relojes de distintas épocas que marcan horas dispares (fig. 4). La sensación de absurdo que nos transmite esta imagen no se debe únicamente al hecho de que, en la experiencia cotidiana, el tiempo ya no sea igual para todos, como ocurre con los fenómenos cuyas velocidades se aproximan a la velocidad de la luz. En realidad, la auténtica paradoja reside en que todos esos relojes distintos, que llevamos encima como amuletos, representan nuestra desesperada necesidad de un tiempo uniforme, universal y único. En mi opinión, lo que más nos atormenta no es la presión general de tener varios tiempos, sino algo más profundo: la exigencia de disponer de un tiempo único y verdadero. Lo que nos falta es un tiempo que sea real; esa es la carencia que sentimos, y tam-



4. Lido Contemori, *La revelación de las presencias*, 1989.
Una empresa de sistemas de control de acceso encargó esta obra al artista. El dibujo representa la multiplicidad de relojes sincronizados, según distintos ritmos sociales y personales, que rigen la vida cotidiana frente al mito de un único tiempo igual para todos.

bién es nuestra gran ilusión, aunque ignoramos el origen y el porqué de dicha necesidad.

«En tiempo real, en tiempo real», repite una y otra vez la comunicación mediática. No obstante, las actuales formas de información simultánea hacen todavía más irreal nuestra experiencia del tiempo, hecho de un pasado, un presente y un futuro. Cuanto más instantáneas son nuestras informaciones y comunicaciones, más se ciñe al presente nuestra área de experiencia, como la piel de zapa de la novela de Balzac.

Suprimir la duración en todas sus formas: esta es la meta principal a la que aspira a conducirnos la nueva cultura del avance y el consumo tecnológicos. Privado de la duración, el tiempo se convierte en algo evanescente, como Ariel, el espíritu del aire que, en la *La tempestad* de Shakespeare, se jactaba de ser más veloz que el pensamiento. Solo que Ariel actuaba, no pensaba. Pensar significa reflexionar, lo cual implica recordar el pasado e imaginar el futuro. Pensar es, por tanto, algo exigente, y requiere tiempo, todo el tiempo que sea necesario. Milan Kundera reflexiona sobre el hecho de que, en el pensamiento, velocidad e intensidad no van siempre a la par:

> Hay un vínculo secreto entre lentitud y memoria, entre velocidad y olvido. Tomemos una situación de lo más banal: un hombre camina por la calle. De pronto, intenta recordar algo, pero el recuerdo se le escapa. Entonces, instintivamente, afloja el paso. En cambio, alguien que desea olvidar un incidente penoso que acaba de ocurrirle acelera el paso sin darse cuenta, como si quisiera alejarse de algo que aún siente demasiado próximo en el tiempo.
>
> En la matemática existencial, esta experiencia adquiere la forma de dos ecuaciones elementales: el grado de lentitud es directamente proporcional a la intensidad de la memoria; el grado de velocidad es directamente proporcional a la intensidad del olvido.[1]

Hoy sabemos que la rapidez y la masa inmediata de informaciones, existentes gracias a la televisión, Internet y el correo electrónico, no nos permiten disponer de más tiempo libre para nosotros mismos, ni tampoco incrementan nuestra capacidad de ser «informados» en el verdadero sentido intelectual de la palabra, es decir, conscientes:

> Una información, en el recto sentido del término, necesita expandirse y dila-

> tarse en el tiempo, puesto que la inteligencia, la memoria y los sentimientos requieren tiempo para asimilar y elaborar las noticias recibidas. Tener más posibilidades de información no significa tener más informaciones, a menos que el tiempo aumente de forma proporcional (Baier, 2004, pág. 87).

Faster is better, «cuanto más rápido, mejor», suele decirse aludiendo a la febril necesidad de batir al tiempo en velocidad. En las antípodas de este agonismo voluntario nuestro se halla el Sombrerero Loco de *Alicia en el país de las maravillas* de Lewis Carroll, el cual afirma que, para ser dueños de nuestro propio tiempo, no debemos agredirlo, sino aprender a conocerlo: «Si conocieras al Tiempo tan bien como lo conozco yo, no hablarías de matarlo. [...] El tiempo no tolera que le den palmadas. En cambio, si estuvieras en buenas relaciones con él, haría todo lo que tú quisieras con el reloj».[2]

Incluso hoy, en una sociedad como la nuestra, que se jacta de ser la sociedad del conocimiento y la información, debemos admitir que el tiempo de los relojes, contra el cual en vano nos obstinamos en competir, es algo omnipresente y, a la vez, bastante oscuro para nosotros, una especie de «presencia desconocida» (Fraser, 1992). Durante la niñez, nos enseñan a leer el transcurso de las horas y a no perder tiempo, pero asimilamos de un modo irreflexivo y confuso qué es el tiempo. No sabemos por qué, pero, de forma espontánea, imaginamos el tiempo como algo que vuela, como si tuviera alas. Y, aunque sepamos que horas, días y años corresponden a las rotaciones que la Tierra realiza sobre sí misma y alrededor del Sol, preferimos hablar de días «por venir» y días «pasados», como si estos vinieran a nosotros o se alejasen de modo rectilíneo.

¿Qué se oculta tras este concepto de tiempo que posee tantos significados? Lo que nos interesa no es definir qué es el tiempo; las ciencias naturales y las filosofías, cada una a su manera, dan definiciones distintas e incluso opuestas del mismo. Lo que pretendemos en estas páginas es comprender, desde un punto de vista histórico, cómo, cuándo y por qué los hombres cambiaron su forma de pensar en el tiempo y de utilizarlo.

LA LÍNEA Y EL CÍRCULO

La palabra «tiempo» lleva implícito ese doble significado de exterioridad e interioridad que mencionábamos al principio. Así, utilizamos dicho término tanto para designar las condiciones climáticas externas como para aludir a nuestra percepción de intervalos y duraciones, extendiendo esta última a la idea de un *continuum* indefinido, en el cual tienen lugar sucesiones de fenómenos y existencias.

Este significado ambivalente queda reflejado en la doble filiación semántica del término latino *tempus*.[3] En latín, dicha palabra solo se utilizaba en el sentido cronológico de épocas y fechas, pero de ella derivan tanto el sustantivo *tempestas*, referido a las perturbaciones atmosféricas externas, como el verbo *temperare*, que significa «moderar», «equilibrar» y, por tanto, alude a un estado de conciencia del cual proceden «templanza», la virtud de la moderación y la autorrestricción, y «temperamento», vocablo que, en la medicina hipocrática, designaba la proporción de los cuatro fluidos vitales en el organismo, de cuyo equilibrio o desequilibrio dependía el estado de salud o enfermedad.

El concepto de tiempo representa el ámbito en el cual tienen lugar las existencias de los individuos, las historias de tiempos personales que comienzan con el nacimiento y concluyen con la muerte; también representa el ámbito de los ritmos y cambios de la naturaleza, en la que la historia del tiempo se entremezcla con la historia del nacimiento y evolución del universo y de su fin. Según la historia del *big bang* que, actualmente, prevalece en cosmología, seguimos pensando que el tiempo, junto con el nacimiento del universo, tuvo un inicio. En cambio, en la ciencia existe un gran interrogante acerca del fin de nuestro universo espacio-temporal.

Como hemos visto, en nuestra cultura occidental, la imagen más común del tiempo es la de un fluir impasible, un río que arrastra los sucesos sin que podamos perturbarlo o dominarlo, un curso de las cosas igual para todos, aunque cada individuo, en su interior, sienta su transcurrir de una forma distinta. Nosotros, instintivamente, transformamos esta metáfora del fluir en la figura geométrica de una recta, cuya dirección va del pasado al futuro, por la cual pasa un punto, el presente, que separa de un modo irreversible lo que viene antes de lo que viene después.

Así pues, nuestra visión del tiempo está condicionada por una idea de ineluctable concatenación de sucesos a través de momentos únicos, sin ninguna posibilidad de volver atrás. Por eso podemos hablar de un tiempo que muere, dando por descontado que transitoriedad, caducidad y fin están dentro del orden temporal de las cosas, incluido el tiempo. Esta idea de que los acontecimientos siguen un proceso, se suceden unos a otros y se producen antes, después y durante otros acontecimientos, desempeña un papel constitutivo en nuestro razonamiento moderno de tipo causal, el cual nos lleva a pensar que todo fenómeno es la consecuencia de fenómenos antecedentes. Sin embargo, ello no ha sido siempre así.

En las civilizaciones arcaicas predominaba una idea distinta del tiempo, que consistía en interpretar la concatenación de sucesos en clave circular, es decir, en focalizar la atención en la repetición de los sucesos a través de fases periódicas que vuelven cíclicamente. Dicha interpretación se basaba en aquello que la naturaleza ofrece al hombre, un mundo de movimientos y vida en el que nada hace sospechar un fin ni un principio absolutos: la alternancia regular de luz y oscuridad, los ritmos recurrentes de las estaciones, los ciclos de la vegetación, los flujos y reflujos del mar y la reaparición cotidiana de las estrellas, el Sol y la Luna.

Como base universal de los calendarios —cuyos elementos (días, semanas, meses) también son cíclicos—, la Luna, con sus fases mensuales de aparición, crecimiento, decrecimiento y desaparición, seguida de su reaparición después de tres noches de tinieblas, tuvo gran influencia en la elaboración de las concepciones cíclicas: la muerte de la Luna era indispensable para su resurgimiento, del mismo modo que la muerte de la naturaleza vegetal era necesaria para el renacer primaveral de la misma.

Ciclos celestes y ciclos de la naturaleza y del hombre. Antes de que la cronobiología verificase la existencia de ciclos del organismo humano que dependían de factores internos y ambientales, ya se sabía que los comportamientos de la vida animal y vegetal estaban sincronizados mediante la periodicidad de eventos naturales (Aschoff, 1981). En el siglo XVIII, el gran naturalista Linneo (1707-1778) estudió las corolas de las flores que estaban en la naturaleza, así como las de las flores plantadas en su jardín botánico de Uppsala, y observó que, cada hora, había como mínimo una flor que abría y cerraba su corola: la rosa canina se abría a las cinco de la mañana;

la *ipomoea purpurea*, a las diez de la noche; la *portulaca grandiflora*, a las tres de la tarde, etc.

Como dice el proverbio, «una golondrina no hace primavera», pues siempre se ha sabido que el regreso de estas aves indica el comienzo de dicha estación. Las migraciones de los animales, la periodicidad de enfermedades y epidemias, como la malaria, o la perpetua sucesión de nacimientos y muertes son algunos de los innumerables casos que pueden observarse, los cuales llevaban a pensar que la naturaleza se regía por un orden biocósmico de tipo circular. Bien mirado, es un error representar la linealidad irreversible del tiempo mediante el fluir del agua de un río, puesto que el agua del río vuelve desde el mar para alimentar los manantiales en forma de lluvia o nieve. En la naturaleza, todo aparece ante nuestros sentidos como un perpetuo morir y nacer cíclicamente, un volver a empezar sin fin.

Entonces, ¿cómo es posible que la cultura occidental haya llegado a concebir el tiempo como un curso lineal que va del antes al después? La primera respuesta que se nos ocurre es que dicha idea es la consecuencia natural de ciertos factores psicológicos propios de la experiencia individual, como la memoria, la percepción de una reducción progresiva de nuestras funciones vitales, el avanzar de la edad, el miedo a la muerte... El pasado no vuelve, eso es una verdad tan clara que no hace falta demostrarla; basta que cada uno de nosotros se mire al espejo para reconocerla, para verla esculpida a través del paso de los años reflejado en nuestros rostros:

> nuestros rostros marcados por el cansancio, las desilusiones, el éxito, el amor; nuestros ojos fatigados que seguían buscando, que buscaban siempre, que buscaban ansiosamente ese algo en la vida que, mientras se espera, ya se ha desvanecido —ha pasado sin ser visto, en un suspiro, como un rayo— junto a la juventud, junto a la fuerza, junto a la magia de las ilusiones.[4]

El envejecimiento de nuestros rostros, nuestra memoria a largo plazo, el debilitamiento de nuestras funciones vitales: todos estos factores, vinculados al irreversible transcurso de la vida, son fenómenos extendidos universalmente, también en las civilizaciones que concebían el tiempo de forma

cíclica, como un eterno renacer de las cosas. Así pues, debemos preguntarnos por qué esta experiencia de la irreversibilidad vital, en Occidente, desemboca en una concepción del tiempo como devenir orientado en un único sentido.

Como hemos dicho, todas las civilizaciones arcaicas de nuestro planeta coinciden en su visión cíclica del tiempo: desde los caldeos, quienes creían que el universo renacería al llegar el «gran año» milenario, en el cual los planetas volverían a unirse bajo el signo de Cáncer, hasta las culturas mesoamericanas y andinas precolombinas, como demuestran sus calendarios, basados en la repetición de los ciclos de muerte y renacer del cosmos (Aveni, 1999). La idea de destrucción y regeneración periódica del universo está plenamente atestiguada en la antigua India, y también se observa una intuición de procesos naturales recurrentes en la famosa tribu hopi de Arizona, estudiada por Benjamin Lee Whorf.[5]

Y en culturas que utilizaban escalas cronológicas de tipo lineal, basadas en la sucesión de dinastías en el poder, como la antigua China y Egipto, también prevalecía el concepto de una eterna repetición de fases del universo. En China, el tiempo siempre se concibió como un conjunto recurrente de eras, estaciones y épocas. Los chinos, sin diferenciar el plano cosmológico del plano moral, nunca dejaron de creer en la capacidad que tienen las cosas para pasar continuamente de la muerte a la vida, y para durar siempre (Needham, 1973; Granet, 1975). Además, al ser grandes historiógrafos, los chinos, para contar los años, tomaban como referencia dinastías y reinos, y jamás se les ocurrió la idea de que hubiera un punto a partir del cual se originaría una era única.

En China, el mundo, regido por el *Tao* (la Vía), se concebía como una repetición constante de fases presididas por un principio de armonía continua, una renovación periódica y circular basada en procesos particulares, cada uno de los cuales evoluciona según su propio ritmo, desde el nivel más ínfimo de las cosas terrenales hasta el cielo (Jullien, 2002, págs. 27 ss.). También se concebían en clave circular, al igual que los movimientos de los astros, las relaciones entre los cinco elementos terrestres, metal, madera, tierra, agua y fuego, ya que el metal parte la madera, la madera se alimenta de la tierra, la tierra absorbe el agua, el agua apaga el fuego y el fuego, a su vez, se funde con el metal.

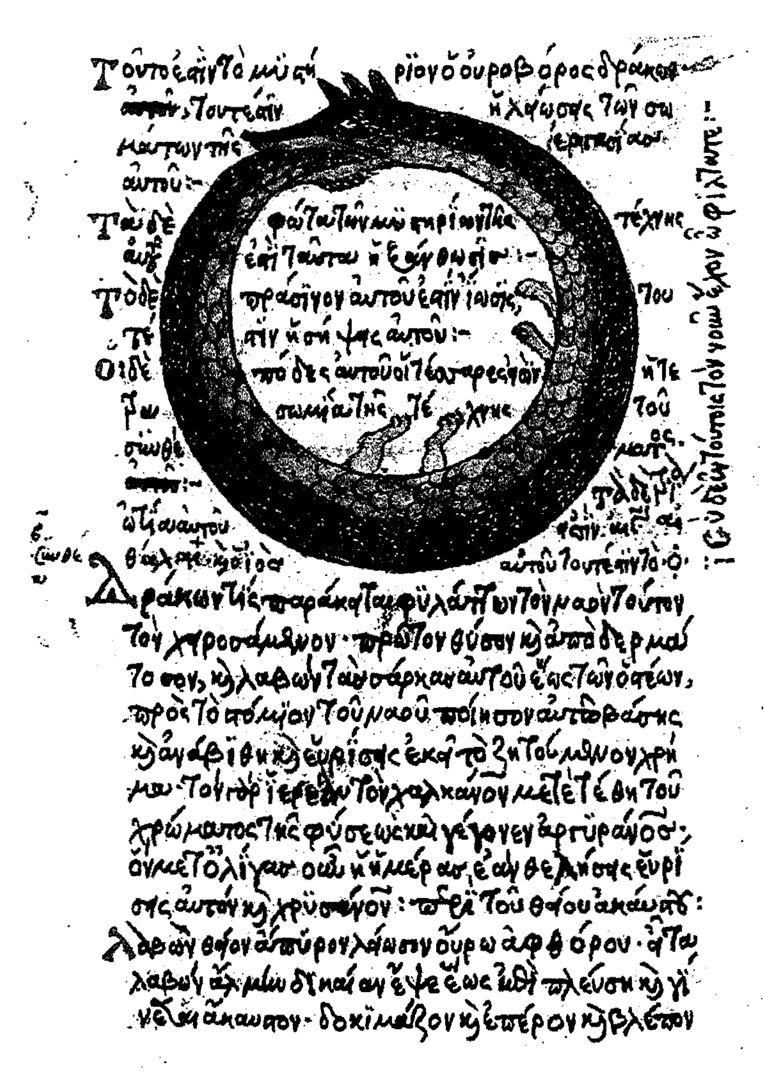
El antiguo Egipto poseía dos relojes infalibles para medir la regeneración periódica del curso de los astros, junto con el ciclo de las cosechas. Uno de ellos era la renovación del curso anual del Sol entre dos equinoccios, de ahí que los egipcios adoptaran el año solar de 360 días (doce meses lunares de treinta días más cinco días intercalares). El otro era la repetición constante de las inundaciones estacionales del Nilo, lo cual dio lugar a un calendario hidrométrico como el que aún puede verse en Asuán, formado por una escalinata de noventa peldaños que se sumergen en el Nilo, la cual, según la altura del río, permite prever la fecha y el alcance de las crecidas.

En todas las civilizaciones arcaicas, no solo en la egipcia, esta concepción cíclica estaba vinculada a la idea de que el hombre era partícipe del cosmos y de sus eternos ritmos de regeneración, tal como escribe el historiador de las religiones Mircea Eliade (1975, pág. 59):

> Siempre, en todas partes, existe una concepción del fin y el inicio temporal basada en la observación de los ritmos biocósmicos, que forma parte del vasto sistema de las purificaciones periódicas (purgas, ayunos, confesiones de pecados, etc., en la época del año de la nueva cosecha) y la regeneración de la vida.

Todavía hoy, nuestra Nochevieja es la lejana heredera de los ritos mediante los cuales, al abrirse un nuevo ciclo de cosechas, se celebraba el repetirse de la creación de la naturaleza. El fin de año egipcio caía el día en el cual parecía que cielo y tierra se tocaran, esto es, cuando Sirio, la estrella más brillante, se alzaba desde el horizonte por el mismo punto en que nacía el Sol, coincidiendo con el momento en que la próspera crecida del Nilo alcanzaba su máximo nivel.

Los egipcios, además de utilizar el año solar para medir el tiempo, poseían un símbolo del tiempo muy representativo: el uróboros, una figura de serpiente que se muerde la cola y gira en círculo hasta el infinito. Este emblema del misterio del eterno volver a empezar de la vida fue transmitido por la literatura mágica helenística y musulmana, y llegó a la literatura alquímica medieval. En esta última, el uróboros también suele representarse en forma de dragón que se muerde la cola (o de dos serpientes que unen mutuamente sus bocas y colas), y simboliza las fases de la transmutación de la materia, con las cuales el alquimista, a través de un ciclo de



5. Uróboros, en *Synosius*, transcripción de Theodorus Pelecanos, 1478. París, Bibliothèque Nationale de France.
En tratados alquímicos medievales como este, el antiguo símbolo egipcio del devenir en forma de serpiente que se muerde la cola (aquí, un dragón) representa las leyes del arte químico, que rigen el proceso cíclico de refinación y transmutación de la materia.

transformaciones, reproducía la sucesión de muerte y renacer que se da en la misma (fig. 5).[6]

Esta intuición de una constante palingénesis, que se produce gracias al continuo pasar de la naturaleza por las mismas fases, se denominó «eterno retorno». También hallamos esta concepción del tiempo y el cosmos en las distintas escuelas de pensamiento de la antigua Grecia, desde la filosofía natural presocrática hasta las tradiciones atomista y estoica. Pero fue, sobre todo, en la escuela de Pitágoras (siglo VI a. C.) donde la filosofía griega hizo suya esta visión circular del tiempo y el cosmos, y en ella se inscriben la doctrina pitagórica de la reencarnación de las almas, así como la teoría de las regularidades armónicas de los astros, considerados divinos y dotados de un alma superior al alma humana.

El concepto más clásico de un tiempo cíclico, vinculado a las rotaciones planetarias, que encarna una idea de eternidad, es el de Platón. En su diálogo *Timeo*, este narra que un Dios demiurgo, esto es, legislador, creó el cosmos a partir de un modelo ideal de belleza geométrica. En opinión de este filósofo, bajo los continuos cambios de nuestro inconstante mundo material existe una realidad ideal más profunda, hecha de verdades eternas, como las ideas divinas y las demostraciones geométricas, verdaderas para todos, verdaderas para siempre.

Según relata Plutarco, Platón afirmaba que Dios «geometriza» siempre. Por tanto, al crear la belleza y la simetría del cosmos, Dios dispuso que, en el universo, siempre debía prevalecer lo uniforme sobre lo discorde, lo «idéntico» sobre lo «distinto». Así, la divina creación confirió la forma perfecta de órbitas circulares a los movimientos irregulares de estrellas y planetas y, procediendo de este modo, Dios creó el tiempo, pues otorgó movimientos circulares a velocidad constante al firmamento, el Sol y la Luna, haciendo que estos indicaran la repetición de días, meses y años. Platón definió el tiempo como una «imagen móvil de la eternidad»: el uniforme girar de las estrellas en el arco de las veinticuatro horas es como un reloj visible, regulado a partir del reloj que indica el tiempo perfecto y eterno del mundo de las ideas. El tiempo es una imagen móvil de la eternidad, pues la eternidad divina se refleja en esas rotaciones, y también en la repetición de las rotaciones planetarias que, al final del llamado «gran año celeste», devuelven cada planeta a su posición inicial, originando un

nuevo ciclo de rotaciones igual al anterior, y así sucesivamente, hasta el infinito.[7]

La filosofía natural estoica también hablaba de ciclos vitales del cosmos, que culminan periódicamente en una conflagración universal, mediante la cual el mundo renace purificado. Y el misticismo neoplatónico repetía que el tiempo es una rueda que gira sin fin llevando las mismas cosas. En las *Enéadas* de Plotino (siglo III a. C.), el carácter cíclico del tiempo celeste se presenta en clave religiosa, como signo de identidad del alma del mundo, como principio divino y espiritual de vida que impregna nuestro universo material. Al contemplar en el cielo la realidad del eterno repetirse del tiempo —una circularidad que anula cualquier diferencia—, las almas humanas, prisioneras de su corporeidad, pueden elevarse en un proceso de ascesis destinado a culminar en la contemplación intelectual de Dios.

Incluso un filósofo como Aristóteles, ajeno a todo misticismo, creía en el tiempo como «círculo de los eventos humanos» y en los ciclos celestes. Para el Estagirita, la perfección de los movimientos celestes divide el universo en dos esferas de realidad, una mudable y la otra constante. La primera es la esfera del mundo terrestre, compuesta de tierra, agua, aire y fuego y dominada por sus factores contrarios. En ella solo se dan movimientos naturales en línea recta y hacia arriba o hacia abajo, siempre transitorios y a velocidad variable. En cambio, en el mundo celeste incorruptible de Aristóteles, en el cual las sólidas esferas de etérea sustancia quintaesencial transportan los siete planetas y la bóveda estrellada, los movimientos son circulares y a velocidad constante.

Discípulo infiel de Platón, Aristóteles no necesita un creador. Por tanto, la visión aristotélica del cosmos y su permanencia se basan en el hecho de considerarlo eterno, coeterno a Dios. En el universo del Estagirita, Dios solo desempeña la función externa de motor inmóvil de la esfera estrellada. Por eso rechaza totalmente el concepto —propuesto en el *Timeo*— de tiempo como puente entre el mundo y Dios. El tiempo se halla inmerso en las cosas. Es la duración y la medición de un cambio y, como tal, un número. El tiempo es contar los cambios, los crecimientos o alteraciones en la posición de las cosas. Además, está relacionado con nuestra mente, pues esta cuenta lo rápido o lento que cambian las cosas de forma o de lugar. Si el mundo fuese inmutable o inmóvil, el tiempo no existiría. Y si nosotros

no advirtiéramos los cambios, el tiempo tampoco existiría. Lo que determina la existencia del tiempo es el hecho de que el intelecto humano tenga conciencia de un cambio con respecto a un antes o un después. ¿Y qué es lo que asigna un antes y un después a las cosas?

Aristóteles tematiza la cuestión del tiempo en el libro IV de la *Física*, inmediatamente después de haber disertado sobre el espacio y el vacío. Ello no es casual, ya que, en su análisis de la temporalidad, el autor utiliza conceptos de tipo espacial. De hecho, concibe el tiempo como una longitud, lo representa mediante segmentos de una línea recta y lo interpreta como el aspecto medible del movimiento, o del cambio, en cuanto proceso realizado entre dos puntos terminales. Del mismo modo que existe un aquí y un allí en la posición, también hay un antes y un después en el tiempo.

Así pues, el tiempo es una medida, «el número del movimiento (o del cambio) según el antes y el después». ¿Ello quiere decir que es totalmente arbitrario elegir como reloj tal o cual cambio, o un movimiento cualquiera? ¿Se puede adoptar como parámetro de medición temporal el crecimiento de una planta, o el movimiento caprichoso de las nubes transportadas por el viento? No, responde Aristóteles descartando tal arbitrariedad: para ser universal, el tiempo debe reflejar el movimiento constante ante todos los observadores. Pues bien, el único movimiento constante es el orbitar de los astros. Las estrellas fijas, el Sol y la Luna merecen su rol de medidores cósmicos del tiempo, si bien dicho papel nada tiene de divino, pues se trata de una simple propiedad métrica, un puro número, al igual que se dice que un determinado número de caballos es igual a un determinado números de perros.

Solo que el tiempo, a diferencia de un determinado número de caballos y de perros, no está hecho de partes numerables, ya que es un constante devenir, un *continuum*, lo mismo que el movimiento y el cambio.[8] ¿Qué sentido tendría hablar de instantes separados entre sí como átomos? Si un instante, por definición, es la frontera entre el antes y el después, entre pasado y futuro, del mismo modo que el punto geométrico es la frontera entre dos partes de una línea, entonces el instante entre pasado y futuro, como el punto geométrico, es una entidad infinitesimal que la abstracción matemática puede imaginar, pero que no describe las cosas. ¿Imagen ce-

leste y móvil de la inmóvil eternidad de Dios, como afirmaba Platón? No. Para Aristóteles, el tiempo es algo completamente externo, una medición de los cambios y movimientos relativa a las duraciones-modelo que constituyen los períodos de rotación de los astros.

Entre la idea platónica del tiempo cósmico y la idea aristotélica del tiempo-número existe una gran diferencia. No obstante, ambas tienen como denominador común el cielo. Y si queremos comprender por qué dos filosofías naturales tan distintas como las de Platón y Aristóteles coinciden a la hora de otorgar al cielo la función de reloj absoluto, debemos tener en cuenta qué era exactamente el tiempo en su época.

EL TIEMPO HUMANO

¿Qué significa medir? Considerar algo con relación a un tamaño modelo y expresar dicha relación en números. Imaginemos que estamos dentro de un coche. En el salpicadero podemos ver los indicadores de una serie de instrumentos del vehículo: manómetro, termómetro, cuentakilómetros, cuentarrevoluciones... Hay un indicador que, a simple vista, ya parece distinto a los demás: el reloj. Los indicadores del resto de instrumentos son fijos, o bien se inmovilizan al llegar a una determinada posición. El reloj es el único indicador que nunca se detiene; siempre cambia, y lo hace de forma lineal, en una sola dirección (en sentido circular o numérico) y uniformemente. Para nosotros, medir el tiempo implica un movimiento uniforme.

Y hay más. Todos los instrumentos de medición que posee el automóvil (y lo mismo podría decirse de otros instrumentos como balanzas, barómetros, sismógrafos, etc.) funcionan mediante sensores o mecanismos aplicados a fenómenos físicos y externos, como, por ejemplo, la presión del líquido de los frenos, las revoluciones del motor o, en el caso de una balanza, la masa de un cuerpo. En cambio, el reloj es el único aparato que se limita a indicar su propio movimiento, sin tener otro referente en que basarse, salvo que se trate de otro reloj. Cuando queremos poner en hora el reloj, lo comparamos con otro reloj que suponemos exacto. Para nosotros, medir el tiempo significa comparar dos relojes.

Hoy, los relojes que más se usan son los de cuarzo, y no solo como relojes de pulsera. En todos los ordenadores hay por lo menos uno; en los coches, tres o cuatro; los teléfonos móviles llevan al menos dos; los lectores de discos ópticos, uno como mínimo; las cámaras de televisión tienen dos por lo menos... El oscilador de dichos relojes, en vez de ser un péndulo o un volante, es una barrita o una pequeña placa de cuarzo, un material elástico que posee piezoelectricidad, es decir, que tiene la propiedad de vincular sus vibraciones mecánicas a fenómenos eléctricos, por lo cual puede conectarse directamente a circuitos electrónicos. Estos relojes son mucho más económicos y sólidos que los relojes mecánicos anteriores a la Segunda Guerra Mundial, y son muy exactos: los relojes de los automóviles sufren diez segundos de desajuste en siete años y los de pulsera, unas pocas centésimas de segundo al día. Son, pues, medidores de frecuencias extremadamente precisos, aunque, de vez en cuando, hay que regularlos. Para hacerlo, podemos usar, por ejemplo, la señal de hora exacta transmitida por radio o televisión, conectada a la red de laboratorios meteorológicos del mundo y dotada de relojes atómicos que, hoy en día, son lo último en precisión cronométrica. Cuando sincronizamos un reloj con la señal horaria, nos coordinamos con el tiempo medido por estos relojes atómicos, un millón de veces más estables que el reloj-tierra con el cual, mediante la observación del paso cotidiano de un astro, se midió el Tiempo Universal (TU) hasta 1967.

El año solar medido por el calendario corresponde al movimiento aparente que realiza el Sol, con respecto a las constelaciones del zodíaco, entre dos equinoccios de primavera (21 de marzo, cuando el Sol entra en la constelación de Aries, primer signo zodiacal, entre Piscis y Tauro). Dicho cómputo se ve afectado por las irregularidades del movimiento de rotación terrestre; ante todo, porque la Tierra no es una esfera perfecta y, a causa de fuerzas gravitatorias, su eje describe una circunferencia completa cada veinticinco mil años aproximadamente. Ello provoca que, con el transcurso de los años, el movimiento aparente de las constelaciones anticipe ligeramente el equinoccio astronómico.

La Tierra también es imprecisa en su giro de veinticuatro horas. Así lo advirtieron los astrónomos en el siglo XVIII, período en el que empezaron a utilizarse cronómetros de péndulo de precisión. Los relojes atómicos que

se usan desde hace medio siglo tampoco son de una uniformidad absoluta. Estos, en función de la altitud y debido a pequeños efectos relativos, pueden adelantarse o retrasarse y diferir entre sí varios nanosegundos (millonésimas de segundo). No obstante, se trata de desajustes calculables y, por el momento, su precisión es suficiente para nuestras necesidades prácticas y científicas, como son sincronizar las señales de las redes de satélites de los sistemas de radionavegación militar o civil, o medir los imperceptibles movimientos tectónicos a lo largo de las líneas de falla de la corteza terrestre, o transmitir textos, voces e imágenes mediante calculadoras, teléfonos o fax que los traducen en señales numéricas medidas por intervalos de tiempo asignados (Schreiber, 1994).

Como se ha mencionado, hace cuarenta años, en una conferencia internacional sobre pesos y medidas celebrada en 1967, se decidió adoptar una nueva escala universal del tiempo basada en los relojes atómicos: el Tiempo Atómico Internacional (TAI). Su unidad es el segundo, definido como el tiempo que tarda un átomo de cesio 133 en vibrar más de nueve mil millones de veces. A la hora de elegir el cesio 133 primó, una vez más, un criterio de uniformidad, puesto que su frecuencia de radiación era la más próxima a la unidad de tiempo utilizada hasta entonces, el «segundo de tiempo solar medio», definido como la fracción 1/84.400 de un día, es decir, del intervalo medio que transcurre entre dos pasos sucesivos del Sol por el mismo meridiano.

Así, expresiones como «minutos de arco», o «segundos de arco», se refieren a las divisiones sexagesimales de los ángulos que se utilizan en astronomía para medir las posiciones de los astros. En la época de los cronómetros de péndulo de precisión, el segundo se definió a partir del período de oscilación de un péndulo de 99,42 centímetros (en la latitud de Greenwich). Antes de ello, se empleaba como unidad de tiempo una pulsación, lo cual no dejaba de ser una convención, aunque bastante imprecisa, puesto que no todos los corazones laten al unísono.

Además de estas convenciones adoptadas internacionalmente, existen otros parámetros que también constituyen puntos de referencia. Cada vez que consultamos nuestro reloj de pulsera, o cuando deseamos ponerlo en hora, entran en juego la hora civil, basada en la hora del meridiano central del huso horario que nos corresponde, y la hora legal, que depende de la nación en la cual nos encontremos.

Los husos horarios se instituyeron en la segunda mitad del siglo XIX, debido a la extensión de las redes de comunicación marítimas y ferroviarias a vapor, así como de las redes telegráficas transoceánicas (Blaise, 2000; Galison, 2004, págs. 141-152). Hasta entonces, cada ciudad había regulado su hora basándose en su propio mediodía solar. En 1884, en Washington, se celebró una conferencia mundial para establecer una convención internacional con el fin de unificar la hora. En ella, tras mucho debatir, se adoptó como hora de referencia internacional, es decir, como punto cero de longitud, la hora y el meridiano del observatorio británico de Greenwich, y se dividió la superficie terrestre en veinticuatro husos horarios iguales, cada uno de los cuales comprende dos meridianos que distan entre sí quince grados, lo cual corresponde al ángulo que el movimiento aparente del Sol, o de una estrella, describe en el arco de una hora.

Desde 1884, se denomina «tiempo civil» de cada país a la hora media correspondiente al respectivo meridiano central, cuyo punto de referencia (que aumenta hacia el este o disminuye hacia el oeste) es la «hora solar media» de Greenwich (GMT), calculada a partir de la duración de un día solar medio. En cuanto a la hora legal de verano, cabe señalar que, a principios del siglo XX, con el fin de aprovechar las horas matutinas de luz para aumentar la producción industrial, se propuso adelantar los relojes una hora, respecto al huso horario central, durante todo el año. Sin embargo, dicha propuesta no se adoptó hasta 1916, en plena Gran Guerra, y su objetivo era limitar el consumo civil de carbón en Inglaterra. Más tarde, con la difusión de la energía eléctrica, pareció aconsejable recuperar ese horario de «tiempos de guerra», aunque limitándolo al período estival, por motivos de ahorro energético. Así pues, la hora legal de verano es un tiempo de índole político-económica, como demuestra el hecho de que, en Italia, su período de aplicación esté establecido mediante un decreto del presidente de la República publicado en el Boletín Oficial del Estado.

En resumidas cuentas, cuando ponemos en hora el reloj o consultamos el horario de un avión, nos regimos por un sofisticado sistema de cálculo bautizado con el acrónimo TUC (Tiempo Universal Coordinado). Actualmente, dicho sistema ya no está controlado por el observatorio de Greenwich, sino por el Bureau International de l'Heure (BIH), ubicado en el Observatorio de París, cuyo cometido es verificar periódicamente los

pasos de las estrellas por el meridiano y los datos enviados por los distintos grupos de relojes atómicos. Luego está el IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service), organismo internacional que regula la medición del tiempo a nivel mundial, cuya función es limitar, dentro de lo posible, la incompatibilidad entre la regularidad de los relojes atómicos, por un lado, y la irregularidad de la rotación terrestre, por otro. Para obviar este desfase entre medición atómica y medición astronómica del tiempo, se adopta un sistema de corrección que consiste en adelantar, de vez en cuando, un segundo los relojes e instrumentos en los laboratorios donde se requiere una gran precisión en la mensuración del tiempo. Desde 1972 hasta hoy, se han añadido veintidós segundos con el fin de compensar este desajuste ineliminable, destinado a ser cada vez más significativo, aunque deberán pasar milenios antes de que la ralentización creciente y continua de la rotación terrestre produzca efectos tangibles en la vida civil.

En el último siglo y medio, el tiempo de los relojes, lo mismo que las medidas de longitud y capacidad adoptadas por la Revolución francesa a finales del siglo XVIII, se ha transformado en un sistema de convenciones de índole social y científica que nada tiene de universal, salvo el hecho de haber sido adoptado por todas las naciones. Pero todo esto es historia muy reciente; en la época de Platón y Aristóteles y hasta el Medievo, el tiempo era algo natural, escrito en el movimiento de las esferas celestes. Y, en la Tierra, se indicaba el tiempo a través del movimiento de una sombra sobre los cuadrantes de las meridianas solares.

MERIDIANAS Y CLEPSIDRAS

A la hora de intentar comprender formas de pensamiento que ya no son las nuestras, lo más difícil es olvidar cuanto sabemos. Eso es lo que ocurre con el carácter convencional del tiempo —un rasgo que, hoy, nos parece evidente— frente a la concepción antigua del tiempo celeste, basada en la lectura de meridianas solares. Las meridianas siguen utilizándose en la actualidad, aunque con fines ornamentales. Se trata de meridianas modernas, construidas mediante una técnica ideada en el siglo XVI para obtener horas iguales entre sí, independientemente de la latitud y la estación. Y es

que, en nuestro mundo, desde que empezaron a existir los relojes mecánicos en la Edad Media, las horas, por definición, son intervalos cuya duración es igual todos los días del año, tanto de día como de noche. Esto no era así en la época de Platón y Aristóteles, cuando la vida cotidiana se desarrollaba a la «luz del día», y las meridianas solares señalaban fielmente, según la altura del Sol en el cielo, horas de luz de mayor o menor brevedad.

La antigua meridiana utiliza el cambio de dirección y longitud de la sombra que el Sol proyecta al pasar del día y con el transcurrir de los meses del año. Funciona igual que las sombras de árboles y casas: las matutinas se alargan hacia occidente y, a mediodía, cuando el Sol se halla en el punto más alto del cielo, son mínimas; después se alargan de nuevo, esta vez en dirección a oriente, hasta el ocaso del Sol. Estas meridianas solían consistir en un palo, estilo u obelisco (denominado *gnomon*, vocablo que, en griego, significa «consejero») que se alzaba sobre el plano horizontal del suelo o se colocaba en una pared vertical. Dicho gnomon dibuja en el cuadrante sombras de mayor o menor longitud, medidas en pies, distanciadas entre sí según va cambiando la altura del Sol en el horizonte de una estación a otra. Había otro sistema más simple, que fue el reloj portátil más extendido en la Antigüedad: las personas podían utilizar su propia sombra proyectada en el suelo.

Hoy sabemos que la alternancia de las estaciones, con las distintas duraciones del día y la noche, se debe a que la Tierra orbita en torno al Sol con un eje inclinado unos veintitrés grados y medio con respecto al horizonte celeste. En cambio, los antiguos, quienes se basaban en aquello que se ve, creían que lo que estaba inclinado era el curso anual que trazan alrededor de la Tierra el Sol y los astros. Desde el siglo XVI hasta las meridianas actuales, esta inclinación terrestre se compensa orientando el gnomon de la meridiana en paralelo al eje terrestre. En términos geocéntricos antiguos, ello equivalía a decir en paralelo a la rotación aparente del mundo. Este sencillo método de inclinar el estilo de la meridiana estaba al alcance de la antigua ciencia gnomónica; por ello, hoy en día, algunos estudiosos de la mensuración del tiempo no se explican que astrónomos matemáticos de la Antigüedad tan versados como, por ejemplo, Ptolomeo, «no descubrieran las ventajas de las meridianas con un estilo paralelo al eje del mundo» (Dekker, 1999, pág. 99).

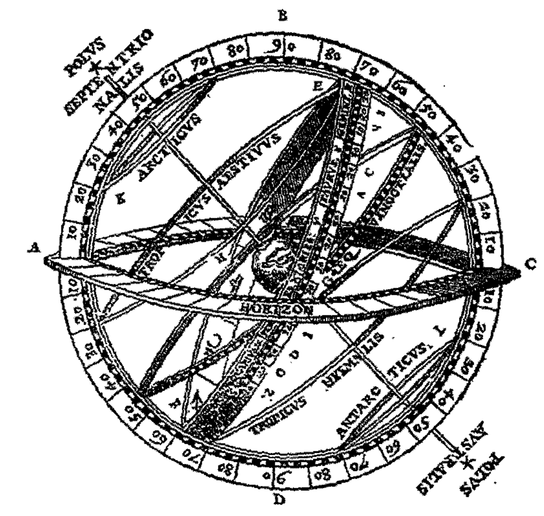
Desde luego, los antiguos jamás pensaron en semejante corrección. La cuestión es que horas iguales entre sí todo el año habrían resultado ficticias, y no «horas verdaderas». Las meridianas antiguas también indicaban horas iguales dos veces al año, en los días de los equinoccios de primavera y de otoño, cuando el día era tan largo como la noche y la punta de la sombra del gnomon describía una recta. No obstante, durante el resto de días, su eficacia consistía en registrar, mes tras mes, cómo se alargaban y acortaban, natural y cíclicamente, las horas de luz respecto a las horas de oscuridad. La diferencia entre luz y oscuridad de invierno a verano era de unas cuatro horas en la latitud de Egipto. En Grecia y Roma era de unas seis horas y, en latitudes más septentrionales, llegaba a un tercio del día.[9]

Así pues, las horas solares eran algo relativo y cambiante: «El tiempo, en sí, no existe, pues solo tenemos conocimiento del mismo gracias al transcurso de las cosas», escribió Lucrecio (*De rerum natura*, I, 459). Más que preguntarnos por qué los antiguos medían el tiempo con horas estacionales de duración variable, deberíamos preguntarnos por qué nosotros, los modernos, necesitamos horas siempre iguales, hasta el punto de imponer que las meridianas solares indiquen todo el año horas de tipo equinoccial.

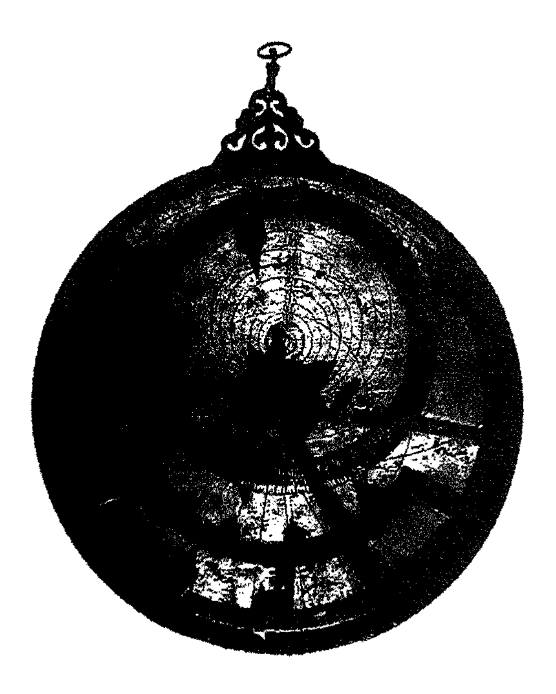
Griegos y romanos tomaron de Egipto la doble subdivisión del día en dos círculos horarios de doce horas, a su vez subdivididas en cuatro partes de tres horas cada una, hora tercia, sexta y nona, además de la primera hora del día, que coincide con el surgir del Sol, y de la duodécima hora, que termina con la puesta del Sol. El ocaso marcaba el inicio de la primera hora de la noche, y la última hora nocturna terminaba cuando salía el Sol. Por tanto, una hora era más larga de día en verano y más larga de noche en invierno, más breve de noche en verano y más breve de día en invierno.

Por la noche, para determinar la hora, los astrónomos griegos utilizaban la esfera armilar, un instrumento de origen babilónico. Se trata de un artefacto tridimensional que reproducía la esfera celeste en forma de aros o anillos; los aros fijos corresponden a los círculos meridianos y del horizonte celeste, mientras que los anillos móviles representan las rotaciones de los astros (fig. 6). Una vez sabido el punto en que el Sol se ha puesto, los anillos de la esfera se orientan hasta sus respectivos astros, y así puede leerse la hora en el aro de la rotación solar. Una evolución griega de la esfera

6. Esfera armilar, en Christophorus Clavius, *In Sphaeram Ioannis de Sacro Bosco Commentarius*, ex typographia Aloisij Zanetti, Romae 1606. Milán, Biblioteca Braidense.



7. Astrolabio. Brescia, Civici Musei d'Arte e di Storia. El astrolabio planisférico, una versión aplanada de la esfera armilar, lleva grabados en la lámina de metal el trópico de Cáncer, el Ecuador, el trópico de Capricornio y los círculos celestes paralelos al Ecuador. La lámina también representa el cenit, el polo norte celeste, la línea del horizonte y la línea del alba y el ocaso. En la red giratoria situada sobre la lámina, pueden observarse los indicadores terminados en punta de las posiciones de las estrellas. El círculo con los nombres de las doce constelaciones zodiacales es la eclíptica, que corresponde al movimiento anual aparente del Sol a lo largo de la zona zodiacal.



armilar, atribuida a Hiparco (siglo II a.C.) o a Ptolomeo de Alejandría (siglo II), dio lugar a una versión aplanada conocida como «astrolabio planisférico», instrumento que, más tarde, perfeccionarían los astrónomos musulmanes. Este último, usado por astrónomos y médicos medievales en toda Europa, suscitó odios en la teología cristiana por ser el instrumento principal de la astrología (fig. 7).

Largas o breves como la duración de los días y las noches, las horas de las meridianas solares, las esferas armilares o los astrolabios indicaban el tiempo verdadero, cósmico, señalado por la posición del Sol con respecto a la Tierra a cada momento y en cada estación. Las horas solares, al ser «temporáneas», esto es, cambiantes a lo largo de los meses, se correspondían con el carácter cíclico del tiempo que describen Platón y Aristóteles. Ambos pensadores, en efecto, hablan del tiempo como de una repetición de movimientos celestes idénticos y uniformes, repetición que, en la Tierra, donde todo es cambiante y discorde, adquiere el aspecto de una imagen móvil de la eternidad o, dicho de otro modo, de una sombra.

No obstante, cuando Aristóteles extiende su definición métrica de tiempo a todo movimiento producido entre un antes y un después, no podemos dejar de recordar que los griegos también heredaron de Egipto instrumentos artificiales y humanos, muy útiles a fines prácticos, que se empleaban para contar duraciones iguales. Para ello, se servían de un movimiento más bien uniforme observable en la tierra, como el fluir regular del agua a través de un pequeño agujero practicado en un recipiente. Estos contadores de duraciones se denominan *clepsidras*, que en griego significa «ladrones de agua» (de *klepto*, «robar»).

Durante siglos, el modelo más difundido fue la clepsidra artesanal de inmersión: en la superficie de un recipiente con agua se colocaba un cuenco con un pequeño orificio, el cual se iba hundiendo poco a poco. Otro tipo de clepsidra, utilizado en Atenas y en Roma para asignar tiempos de palabra iguales a oradores y abogados, era la clepsidra de flujo, un recipiente cilíndrico en el que el agua salía lentamente por un diminuto agujero practicado en el fondo. Otros modelos más elaborados fueron las clepsidras provistas de un flotante, perfeccionadas por ingenieros del mundo alejandrino y romano como Ctesibio (siglo III a.C.) y Vitruvio (siglo I a.C.), quienes las transformaron en relojes de agua semimecánicos. Su funcionamiento se

basaba en el movimiento, hacia arriba o hacia abajo, de un flotante dentro de un recipiente que se llenaba o vaciaba de agua uniformemente. Una varilla con un mecanismo de cremallera o una cuerda transmitían este movimiento rectilíneo a un cuadrante, dotado de campanillas, que giraba sobre sí mismo, o bien a un índice rotante colocado en un cuadrante sobre el cual, lo mismo que en las meridianas, se marcaban las horas y, a veces, las constelaciones.

En este caso, griegos y romanos tampoco aprovecharon el movimiento uniforme de estos relojes hidráulicos para obtener horas de igual duración en todas las épocas del año. Todo lo contrario: modificaron las duraciones iguales para que coincidieran con las «verdaderas horas» estacionales. A tal fin, idearon instrumentos que pudieran retrasar o acelerar las horas, como válvulas cónicas para disminuir o aumentar el reflujo, o un tambor giratorio que incluía varios niveles, cada uno de los cuales correspondía a las respectivas horas mensuales del día y de la noche. Todo ello viene a confirmar que, para los antiguos, las horas «verdaderas» eran las horas cambiantes del tiempo cósmico, y no las duraciones, artificialmente iguales, que señalaban las subidas y bajadas del agua gracias a la intervención de la mano del hombre.

Las horas desiguales de la sombra de las meridianas marcaban en el suelo el tiempo natural, inscrito en la perfección de la eternidad celeste. En cambio, las clepsidras o relojes de agua eran un artificio, un instrumento social para medir períodos con fines prácticos, como el tiempo de irrigación de un campo o el tiempo acordado para una arenga en el tribunal. Esta proximidad con los hechos cotidianos hizo que, mucho más tarde, a partir de la Edad Media, la clepsidra se convirtiera en el símbolo por excelencia de la fugacidad de la vida y de las cosas terrenales. No obstante, ello solo ocurrió en la Europa medieval, no antes ni en ningún otro lugar, cuando la religión cristiana ya había transformado por completo la cultura occidental, cuando ya se había arrebatado el tiempo a la eternidad de los cielos para entregárselo en custodia al hombre en esta tierra.

DE CRONOS AL PADRE TIEMPO

Además del uróboros, las meridianas y las clepsidras, Grecia dejó otro legado, que la civilización europea adoptó y utilizó libremente: la imagen del dios Cronos, el dios Saturno de los romanos, divinidad que el imaginario occidental cristiano transformó para su uso y consumo en la figura del Tiempo. Hace poco más de cuarenta años, la historia de este fascinante *remake* fue reconstruida, por primera vez, en uno de los libros más bellos que se han escrito sobre la historia de la ciencia y del arte: *Saturno y la melancolía* (1964), de Raymond Klibansky, Erwin Panofsky y Fritz Saxl.

Dicha historia comienza con una asonancia. El nombre del dios Cronos sonaba como la palabra griega que designaba el tiempo, *chronos*, la cual se refería al tiempo celeste de las meridianas, al período que contaban las clepsidras y al transcurso de los sucesos, tal como se observa en esta frase del *Prometeo encadenado* (v. 982) de Esquilo: «El tiempo, madurando, lo enseña todo». O como cuando Aristóteles escribió que el tiempo estaba tan inmerso en las cosas como las cosas lo estaban en él: «Un tiempo más grande que todo aquello que es en el tiempo» (*Física*, IV, 221 a).

Griegos y romanos no veneraban ninguna divinidad específica que personificara el tiempo como tal, sino varias divinidades que correspondían a los múltiples aspectos de la vida y del eterno devenir cósmico. Entre estas se hallaba *Aion* (Eón), cuyo origen era el culto pérsico al dios Mitra, el cual representaba el divino principio de la eternidad cósmica como un joven con cabeza leonina o humana, con los atributos sexuales visibles, rodeado por el círculo de las doce constelaciones zodiacales (fig. 8). Otro gallardo dios del tiempo era Kairós, la oportunidad que debe aprovecharse, representado como un joven desnudo con alas en los pies, que sujeta en la mano una cuchilla de balanza, o una balanza entera; lleva también un largo mechón de cabellos, por el cual los hombres pueden cogerlo al vuelo (fig. 9).

Había otras divinidades, como las personificaciones de los distintos agentes cósmicos del tiempo: el dios del Sol, Febo-Apolo; Artemisa-Diana, diosa de la Luna; el Día, la Noche y divinidades asociadas a los otros cinco planetas, como nos recuerdan los nombres de los cinco primeros días de la semana (el primero consagrado a la Luna y los demás a Marte, Mercurio, Júpiter y Venus). El día solar de veinticuatro horas estaba consagrado al

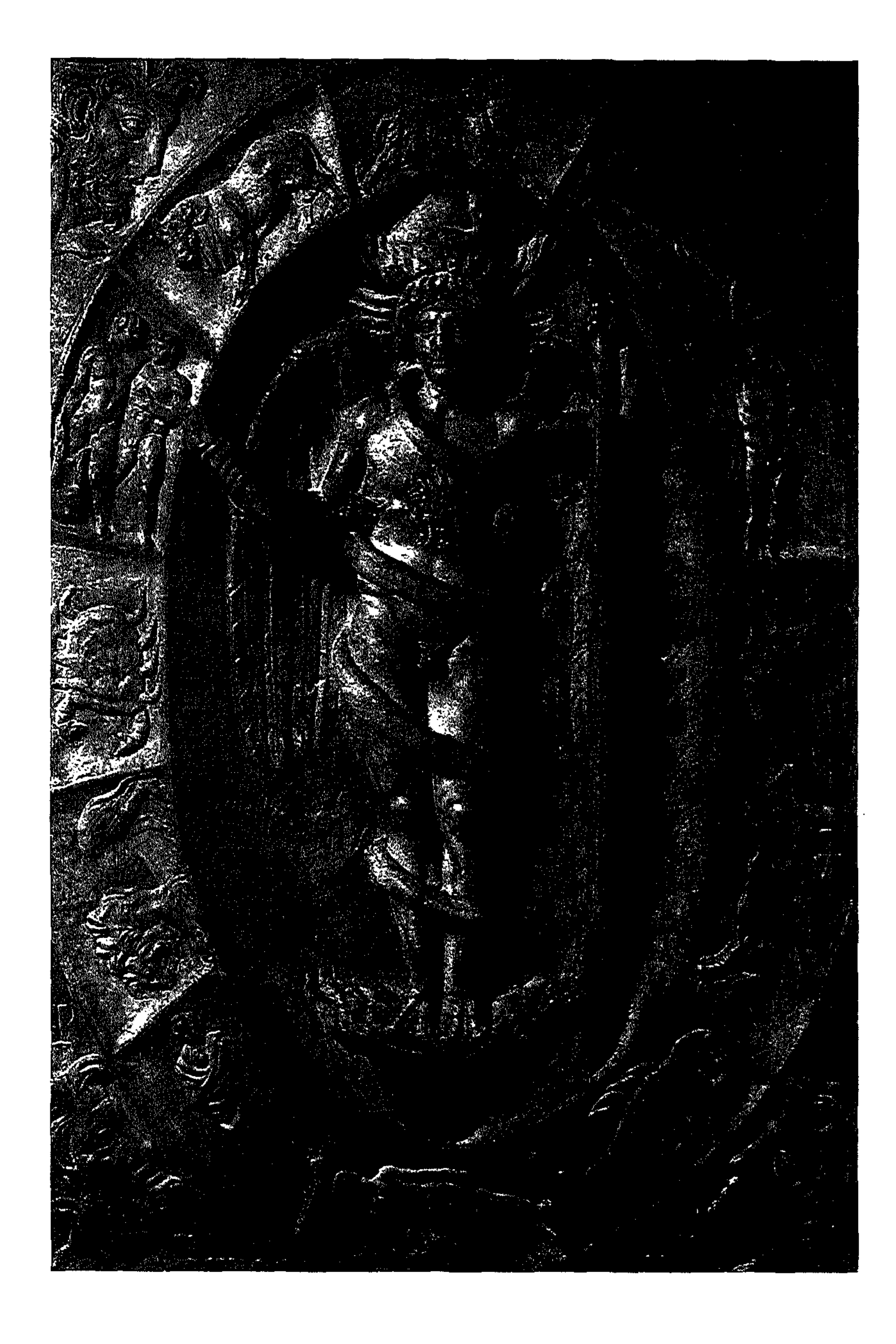
dios principal, Zeus, *deus*, de donde deriva el vocablo latino *dies*, origen de «día». Los romanos, por su parte, representaban el inicio del tiempo mensual o anual a través de la figura de Jano (de cuyo nombre deriva *enero*), un dios con dos rostros, uno de ellos situado en la parte posterior de la cabeza. Gracias a dicha característica, Jano puede ver delante y detrás de sí; la cara anterior muestra una expresión alegre y la posterior, una expresión triste.

Plutarco y otros escritores griegos ya se interrogaron acerca de la curiosa asonancia entre la palabra *chronos* («tiempo») y el nombre del antiguo dios Cronos, protector de las cosechas; no obstante, hasta ahora, no se ha hallado ninguna prueba de que los artistas de la Antigüedad representaran a esta divinidad como personificación del tiempo.

Desde épocas prehelénicas, Cronos era una divinidad cosmogónica identificada como dios de las mieses, dios soberano de una primigenia edad de oro de la humanidad. Así lo honraron también los romanos, quienes lo adoptaron bajo el nombre de Saturno y lo identificaron con la antigua divinidad de la agricultura, que reinó en una remota edad de la abundancia. Debido a dicha antigüedad, se representaba a Saturno como a un dios muy anciano, apoyado en un bastón, y se lo asociaba con el más lento y remoto de los siete planetas. Desde la época romana hasta el Humanismo, la figura de Saturno siempre fue la de un dios campesino, viejo, con un humilde manto sobre los hombros y una hoz corta para segar mieses en la mano.

Este último atributo iconográfico, la hoz, expresaba la profunda ambivalencia del bien y el mal encarnada por esta divinidad primigenia. De este modo, la mitografía no aludía únicamente a su edificante fama de divinidad agreste, sino también a las truculentas historias familiares que había protagonizado.

Píndaro confirma que Cronos reinó en la primitiva edad dorada, y asegura que fue soberano de las islas de los bienaventurados. Hesíodo, en la *Teogonía* (485-492), cuenta que Cronos, hijo del primer rey de los dioses, Urano (el cielo), y de Gea (la tierra), liberó a sus hermanos, los Titanes, a quienes Urano mantenía prisioneros por temor a verse despojado de su poder. Luego Cronos castró a su padre con una hoz de campesino que le había proporcionado su madre, convirtiéndose así en rey de los dioses. Tras desposar a Rea, Cronos quiso evitar el riesgo de que sus hijos lo destituyeran, por lo cual, en cuanto su esposa daba a luz a los pequeños, los





8. (*en la página anterior*) Relieve del dios Mitra. Módena, Galleria e Medaglieria Estense.
Rodeado por las doce constelaciones zodiacales, como símbolo clásico del tiempo cósmico, vemos a un joven desnudo y alado, salido de un huevo en llamas cuyas dos mitades se encuentran, respectivamente, bajo sus pies y sobre su cabeza. Sostiene un rayo en la mano, y tres cabezas de animales (un león, un carnero y un macho cabrío) salen de su pecho. Ciñe su cuerpo una serpiente, cuyas sinuosas curvas acostumbran a simbolizar el tiempo.

9. (*en esta página*) Kairós, relieve del cancel, siglo XII. Catedral de Torcello (Venecia).

devoraba uno tras otro. Después de cinco infanticidios caníbales, Rea urdió un plan para salvar al sexto hijo, y dio de comer a su esposo una piedra envuelta en mantillas. El hijo salvado, Zeus, al llegar a la edad adulta, obligó al «gran Cronos de malos pensamientos» a vomitar a la prole que había devorado.

No puede sorprendernos que, en época romana, a este espeluznante perfil mitológico se sobrepusiera un perfil astrológico de lo más tétrico. A ello debe añadirse que Saturno, al ser el planeta más alejado del Sol, es también el más frío, por lo cual se decía que provocaba el humor negro o melancolía, el más frío de los cuatro fluidos vitales del organismo, responsable del estado de acedia o depresión con tendencias suicidas. Dicha enfermedad del cuerpo y el alma era considerada una dolencia característica de los nacidos bajo el signo de Saturno (fig. 10).

Esta conjunción de factores mitológicos, astrológicos y médicos hizo que la cultura cristiana, al adoptar en clave moralista los mitos paganos, obviara por completo el lado benigno de Cronos-Saturno como divinidad agreste, y que solo conservase su terrible imagen de padre infanticida y antropófago. Esta caracterización provocó que, siglos más tarde, en la Europa cristiana del Humanismo, Cronos personificara a un devorador Padre Tiempo.

Este cambio de rol, de Cronos a la personificación del Padre Tiempo, se debe a la invención del arte de la imprenta, y a la gran importancia que, desde sus orígenes, dicho arte otorgó a las ilustraciones, las cuales, además de aumentar el valor de los libros, eran concebidas como instrumento para la comprensión y comunicación del texto. La representación del Tiempo como Cronos-Saturno fue posible, sobre todo, gracias al gran éxito tipográfico que tuvo en toda Europa el texto impreso de los *Triunfos*, obra que Petrarca dejó inacabada a su muerte.

En la parte dedicada al *Triunfo del Tiempo*, Petrarca describe melancólicamente su vejez, el fin de las ilusiones de juventud. La proximidad del término de la vida hace meditar al poeta acerca de la fugacidad de las cosas terrenas:

> Antes seguí deseos y esperanzas;
> ahora tengo un espejo ante mis ojos
> donde me miro y veo mi fracaso;
> y todo cuanto puedo me preparo



10. *Saturno y sus hijos*, libro xilográfico, ca. 1470, en Klibansky y otros, 1984. Cronos-Saturno, al cual está consagrado el más remoto y opaco de los siete planetas, aparece como protector de la agricultura. El dios, que sostiene una hoz para segar mieses, se apoya en un bastón, pues es el más viejo entre todas las divinidades cosmogónicas de la mitografía pagana.

para el fin de mi vida que es tan corta,
pues apenas fui niño y ya soy viejo.
¿Qué, sino un día es esta vida nuestra [...]?

El texto del *Triunfo del Tiempo* prosigue aludiendo a la rápida sucesión de los días y años, para lo cual recurre a una de las metáforas mitológicas más habituales: el trote impetuoso de los caballos del carro celeste de Febo-Apolo:

Después de que hube visto y claro veo
la rapidez y el vuelo del planeta,
por lo cual soporté males y engaños [...]
Contra esos aquel que solo brilla
con un mayor esfuerzo se afanaba
hasta alcanzar un vuelo más ligero.
El pienso duplicaba a los corceles [...]
Dará vueltas el Sol durante años
y siglos, vencedor de los cerebros,
hasta ver el ocaso de los grandes. [...]
Pasan las pompas vuestras y grandezas,
pasan los señoríos y los reinos,
y todo con el tiempo se interrumpe [...]

Aquí, de un modo muy abstracto, Petrarca representa el tiempo como agente universal que acaba con la vanidad humana. El poeta no incluye ninguna referencia mitológica a Saturno, ni sugiere ningún atributo emblemático que pudiera contribuir a la imaginación del lector, ni a la de los grabadores que debían realizar las ilustraciones de esta parte del poema:

Todo lo arrasa y vence el Tiempo avaro;
y lo que llaman Fama es otra muerte,
igual que la primera, inevitable.
¡Así el Tiempo triunfa sobre todo el mundo!
(*Triunfo del Tiempo*, 55-61; 85-114; 142-145)*

* Francesco Petrarca, *Triunfos* (trad. Jacobo Cortines y Manuel Carrera Díaz), Madrid, Cátedra, 2003, págs. 313; 315-316; 321. (*N. de la t.*)

¿Cómo ilustrar estas páginas, colmadas de tristeza por el avance devastador del Tiempo, carentes por completo de motivos alegóricos? Los ilustradores utilizaron la representación astrológica del planeta de la melancolía, cambiaron algunos atributos iconográficos de la misma e introdujeron nuevos elementos, acordes a la imagen del eliminador de todas las vanidades terrenales (fig. 11).

Así, sustituyeron la pequeña hoz de Cronos-Saturno por una larga y pesada guadaña, igual a la que, tradicionalmente, se asocia a la alegoría de la Muerte igualadora; en lugar del rápido carro del Sol-Apolo que describe Petrarca, dibujaron un carro triunfal guiado por las cuatro estaciones; y convirtieron la antigua edad de oro en la que reinó Cronos-Saturno en un fondo de ruinas. Además, incluyeron una serie de símbolos de la brevedad de la vida terrena y de las ilusiones truncadas: el espejo, las clepsidras y meridianas, las ruedas de moler y las ruedas dentadas de los nuevos relojes mecánicos (figs. 12 y 13).

Desde entonces, el dios Cronos-Saturno «de malos pensamientos» quedó convertido en el Padre Tiempo, señor de nuestra vida mortal: un viejo que corta las alas de Cupido, quitando así al amor terreno cualquier ilusión a largo plazo, a excepción de la eternidad (fig. 14). Un anciano, sí, aunque, en el siglo XVII, François Perrier aún lo representa con una boca voraz de dientes de hierro, en recuerdo del verso en el cual Ovidio, mucho antes que Petrarca, aludió al Tiempo como devorador de todas las cosas (fig. 15). Un viejo apoyado en un bastón, pero, a la vez, alado, lo cual concuerda con su lema: *Tempus fugit... memento mori*, «el tiempo huye... recuerda que debes morir» (fig. 16).

Cesare Ripa, en su obra *Iconología*, tratado sobre los símbolos impreso por primera vez en 1593, en Roma, y reimpreso en numerosas ocasiones a lo largo del siglo XVII, establece que las propiedades del Tiempo pueden representarse de tres formas:

> Un hombre viejo, vestido de distintos colores, con una vestimenta rica hecha de estrellas, pues, a veces, estas dominan las cosas corruptibles. Irá coronado de rosas, espigas, frutas y troncos secos, como rey y señor del año y las estaciones. Estará sobre el círculo del zodíaco, porque su virtud se encuentra en lo alto del cielo, y mide los movimientos del Sol y los otros planetas, y dis-

tingue y extingue meses, años y edades. Llevará un espejo en la mano, el cual nos muestra que, del tiempo, solo vemos el presente, y su ser es tan breve e incierto que no supera la falsa imagen del espejo. Junto a él, a un lado, habrá un niño flaco y débil; al otro lado, un niño hermoso y gordo, ambos con un espejo. Estos son el tiempo pasado, que se va consumiendo en la memoria de los hombres, y el futuro, que alimenta las esperanzas. [...]

Un viejo vestido de varios colores; en la mano derecha sostendrá una serpiente enrollada en círculo, y mostrará que va con tardanza y lentitud. Cubrirá su cabeza con un velo de color verde sobre el cabello canoso, porque el frío y las nieves representados por las canas significan que la tierra se viste de plantas y flores. La serpiente, en la forma mencionada, representa el año, según creían los antiguos, el cual se mide y distingue con el tiempo y se une inmediatamente a sí mismo.

Un hombre viejo alado, que sostiene un círculo y se halla entre las ruinas. Tiene la boca abierta y muestra los dientes, los cuales poseen el color del hierro. Irá alado, según el dicho *Volat irreparabile tempus*, lo cual queda tan claro por experiencia que, para no lamer las heridas de nuestra miseria, no es necesario entrar en detalles. El círculo es el símbolo de que el tiempo siempre gira, de que, por naturaleza, no tiene principio ni fin, sino que solo es principio y fin de las cosas terrenas y los elementos, los cuales son esféricos. Las ruinas, la

11. Anónimo, *El triunfo del Tiempo*, grabado, ca. 1460-1470, Londres, British Museum.
La imagen traduce el texto incluido al pie, perteneciente a los *Triunfos* de Petrarca; en primer lugar, mediante la ambientación invernal de la escena, que puede reconocerse en las gruesas vestiduras de los miembros de la procesión, los árboles deshojados y los montículos de nieve («¿Qué, sino un día es esta vida nuestra, / doloroso, con nieblas, breve y frío?»).* En segundo lugar, obsérvese la heterogeneidad de la procesión, en la cual pueden identificarse representantes de toda la jerarquía social, desde una monja hasta un obispo, desde una reina hasta un fraile o un caballero. En primer plano, las figuras de un anciano, un joven adulto y un muchacho representan las tres edades de la vida («Huyendo así, consigo arrastra al mundo»).**

* Ibíd., pág. 313.
** Ibíd., pág. 319.

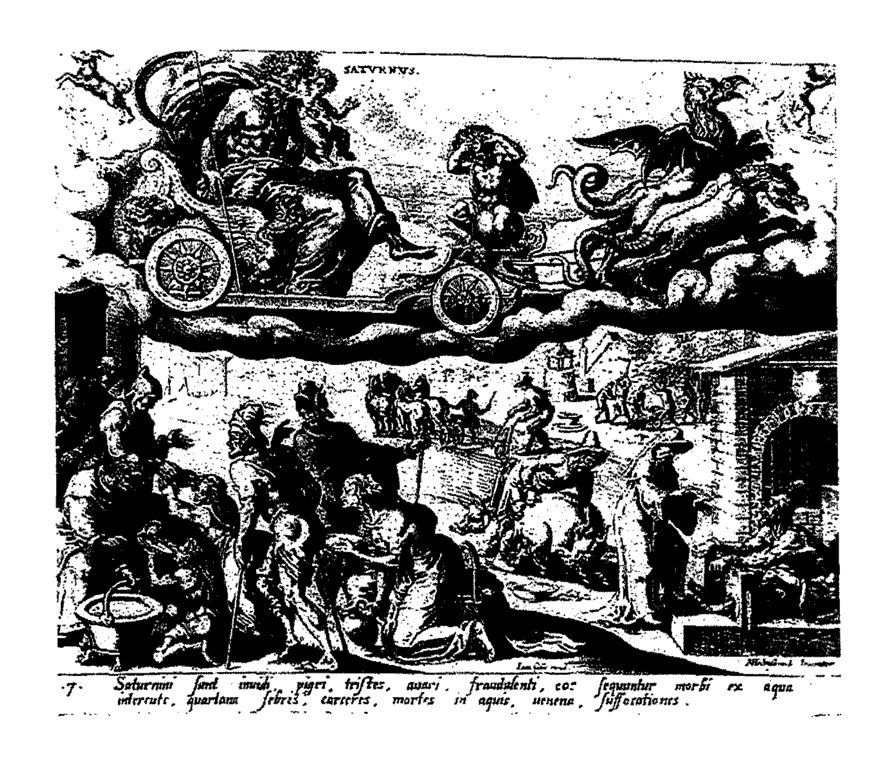


Che piu dun giorno e la uita mortale
Nubila e breue: freddo: & pien di noia:
Che puo bella parer: ma nulla uale.

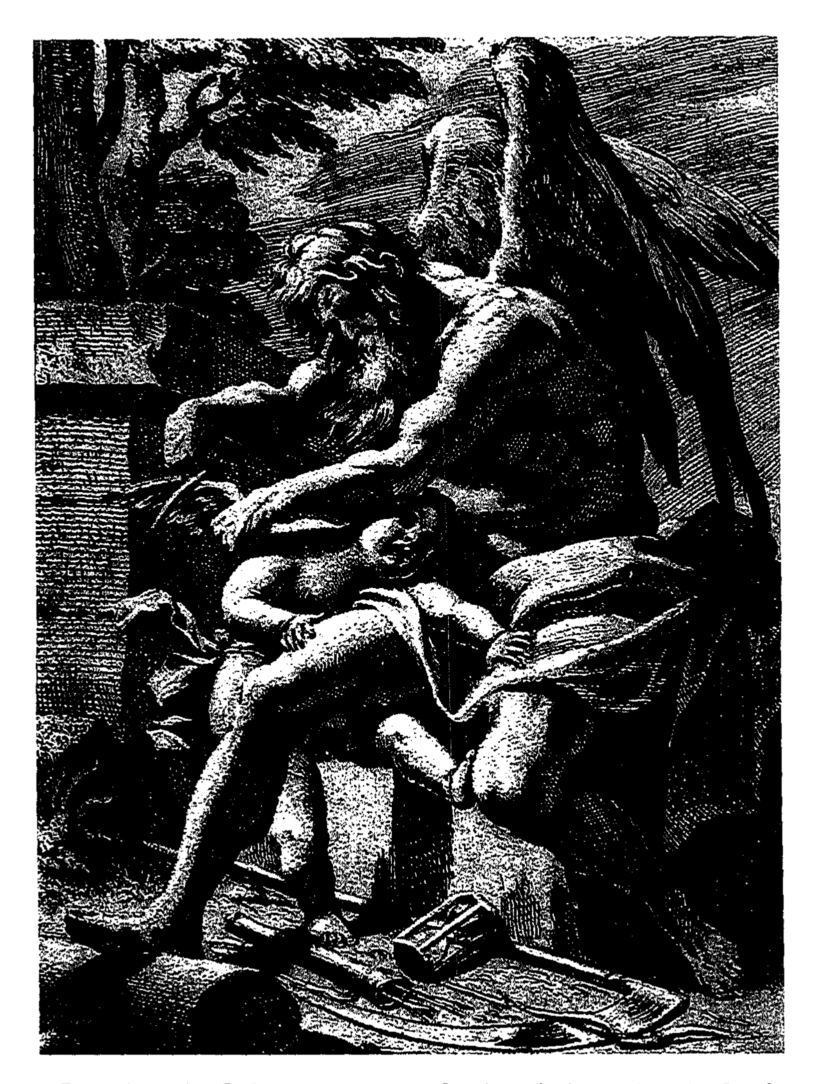
Cosi fuggendo il mondo seco uolue:
Ne mai si posa ne sarresta o torna
In fin che ci ha condotti in poca polue.



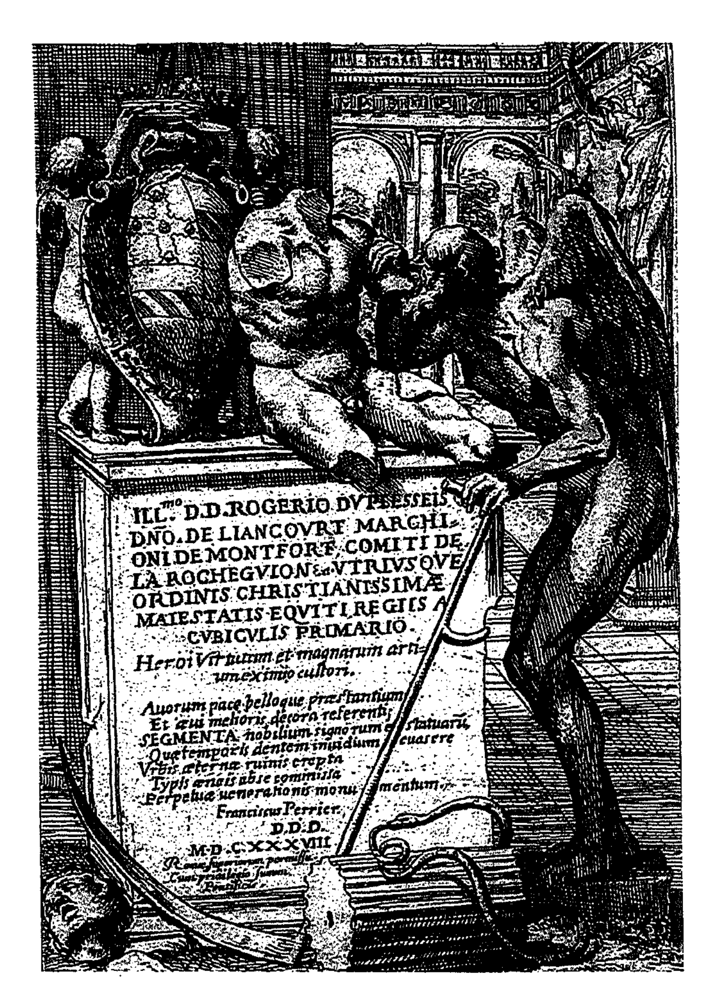
12. Maarten Van Heemskerck, *Triunfo del Tiempo*, grabado, ca. 1565. Milán, Civica Raccolta delle Stampe Achille Bertarelli.
Se trata de la quinta de las seis tablas que componen la serie de los *Triunfos* de Petrarca. En la parte superior derecha de la composición puede leerse *Tempus*; en el centro, *Hijems* (invierno) y en la parte inferior izquierda, *Autumnus, Aestas, Ver* (otoño, verano, primavera). En el margen inferior: «Soy el tiempo alado y el orden irreparable de las cosas. Ciervos de patas aladas me conducen y cosas fugaces me acompañan. Desciendo de la hora, consumo los años y me consumo con ellos, todo lo arruino y no dejo vestigio alguno». El Padre Tiempo aparece como un viejo alado, con muletas, sentado en un carro de ruedas dentadas, como las de los relojes, tirado por ciervos. En el respaldo del carro pueden verse una meridiana solar, una clepsidra y el *foliot* de un reloj mecánico. A la derecha, en primer plano, la personificación de la primavera: un joven con arco, flechas y un halcón de caza. La precede el verano, un hombre coronado de espigas, que lleva un manto también de espigas. Delante del carro, el otoño, canoso, con una guirnalda de hojas y frutos de vid, el cual sostiene una cornucopia. Detrás de él, el invierno, un viejo con la cabeza cubierta, que lleva en la mano un pequeño calentador de carbón. Las ruinas de edificios romanos y las esferas del Sol, la Luna y las estrellas evocan el tema petrarquesco del tiempo destructor.



13. Hermann Janszon Muller, *Hijos de Saturno*, grabado de la serie de los Planetas de Heemskerck, segunda mitad del siglo xvi. Padua, Museo Civico.
En el margen inferior puede leerse: «Saturninos son los envidiosos, los perezosos, los tristes, los avaros, los fraudulentos, que padecen enfermedades como la hidropesía, la fiebre cuartana, la cárcel y la muerte por anegamiento, veneno, estrangulación». Vemos a Cronos-Saturno representado mientras devora a sus hijos, y caracterizado como el Padre Tiempo. Va sentado en un carro tirado por dragones y sostiene una larga guadaña, atributo que, anteriormente, llevaba la Muerte. Cupido, desesperado, se sienta en el timón del carro mientras el Tiempo lo lleva consigo irremediablemente.



14. François Perrier, *El Tiempo corta las alas a Cupido*, grabado, ca. 1630-1670. Londres, British Museum.
En el margen inferior puede leerse la frase: «El amor lo vence todo, mas el tiempo vence al amor». Aquí el Padre Tiempo, musculoso y con barba, con la guadaña y el reloj de arena a sus pies, aferra a Cupido, cuyas flechas han caído al suelo en señal de rendición, y le recorta las alas para que no vuele demasiado alto.



15. François Perrier, *El Tiempo roe el Torso de Belvedere*, grabado, 1702, en *Icones et segmenta illustrium e marmore tabularum quae Romae adhuc extant*, Parisiis, s.n., París, Bibliothèque Nationale de France.

El tiempo destructor está personificado en la figura de Cronos-Saturno, devorador de su prole. Es un viejo desnutrido, apoyado en la guadaña, que roe una escultura, el Torso de Belvedere. Por aquel entonces, dicha estatua, conservada en los Museos Vaticanos, era el mayor símbolo de la superioridad artística de los antiguos. Obsérvese, en primer plano, el uróboros enrollado a la columna rota, que simboliza la gloria de Roma borrada por el tiempo.



16. Pompeo Batoni, *El tiempo ordena a la vejez que destruya la belleza*, óleo sobre tela, 1746. Londres, National Gallery.
El Tiempo, un viejo alado que sostiene un reloj de arena, ordena a una anciana ajada que desfigure a una joven de rostro lozano y resplandeciente. Además de dar una explícita lección moral, el cuadro evoca la ineludible rueda de la vida mediante el movimiento de los brazos de los personajes, que forman un círculo, como en una danza.

> boca abierta y los dientes de hierro muestran que el tiempo destruye, estropea, consume y acaba con todas las cosas, sin esfuerzo ni fatiga.

Corroer, usurar, destruir. Además de todas estas propiedades negativas, Ripa sabe cuán importante es evidenciar, en una ulterior visión alegórica, el aspecto positivo del tiempo, que consiste en equilibrar, al cabo, la balanza de la verdad, compensando así las faltas. El Tiempo sostiene el símbolo de las balanzas y coloca el pie derecho en una rueda. Cesare Ripa explica que, con la inestabilidad de dicho pie apoyado en una rueda, desea representar el concepto aristotélico de la irrealidad del instante, al cual ya hemos aludido. Dicho de otro modo: se trataba de simbolizar la inadecuación de la geometría a la hora de describir la realidad de las cosas. A tal fin, Ripa utilizó visualmente el clásico argumento de la esfera tangente a un plano. Según la geometría, una esfera tangente a un plano solo toca el mismo en un punto, mientras que, en la realidad, una esfera colocada en un plano siempre posee un área de contacto que pasa por varios puntos. Así, para demostrar que solo hay pasado y futuro y que el instante presente no existe, Ripa representa este último como un punto en la circunferencia de una rueda que se mueve continuamente:

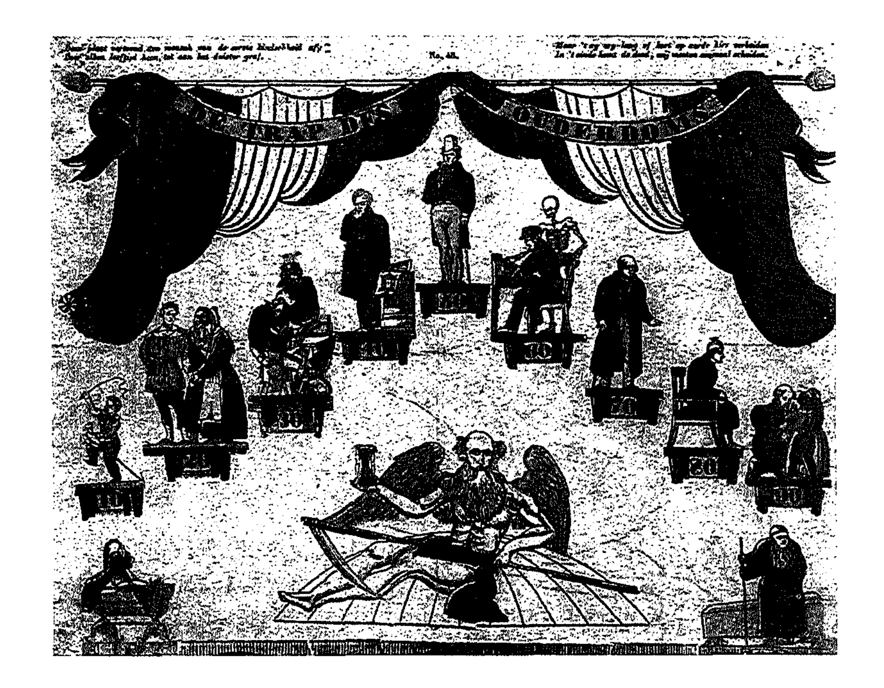
> Hombre viejo, alado, con el pie derecho sobre una rueda, que sostiene la balanza o peso geométrico. El pie derecho sobre la rueda, cuya circunferencia solo toca en un punto, que nunca está quieto, nos hace comprender que el tiempo solo tiene pretérito y futuro, y que el presente es un momento indivisible. Las balanzas o pesos geométricos demuestran que el tiempo iguala y regula las cosas.[10]

EL TIEMPO DESCIENDE A LA TIERRA

La figura del Padre Tiempo nos ha introducido en una visión lineal del tiempo entre un antes y un después, en una concepción del mismo como destino de la transitoriedad de la vida mortal (figs. 17 y 18). Tal es la noción del tiempo propia de Occidente, inseparablemente vinculada al creacionismo de las tres grandes religiones de Abraham: judaísmo, cristianismo e islamismo. Las tres se basan en el principio revelado de que el tiempo se inició junto con el universo.



17. Otto van Veen, *Emblemata Horatiana*, apud Henricum Webstenium, Amstelodami 1682. Milán, Archivio Storico Civico e Biblioteca Trivulziana.
«Se han disipado las nieves, ya les vuelve la hierba a los campos y a los árboles su cabellera. Pasa la tierra a una nueva estación y los ríos, menguando, discurren sin rebasar sus orillas. La gracia desnuda se atreve a guiar sus cortejos, unida a las ninfas y a sus hermanas gemelas. / Que no esperes que haya nada inmortal te aconsejan el curso del año y las horas que nos arrebatan el día vital. Los céfiros templan los fríos, a la primavera atropella el verano, que ha de morir una vez que el pomífero otoño derrame sus frutos; y luego viene de nuevo la inerte invernada. Pese a todo, los quebrantos del cielo los repara el correr de las lunas [...]» (Horacio, *Odas, Canto secular, Épodos*, Madrid, Gredos, 2007, págs. 455-456).



Para interpretar en clave moral la idea pagana del carácter cíclico del tiempo que expresa Horacio, en las diagonales de la imagen se entrecruzan la representación del tiempo cósmico y la del tiempo humano. Así, en la parte inferior derecha, el uróboros, símbolo del continuo renacer de la naturaleza, corresponde a los ciclos de la Luna y de las hojas de los árboles. En la otra diagonal, el tiempo humano aparece como un camino por el que transitan las alegorías de las estaciones de la vida y la naturaleza. Sobre estas, un amorcillo con alas de mariposa (símbolo de ilusoria brevedad) sostiene una meridiana. A la cabeza de la fila va un niño con un cinturón de flores, seguido de un joven con espigas y un bieldo para aventar el trigo. Tras ellos, un hombre maduro cubierto de racimos y, por último, un anciano aterido por el frío. No se sabe dónde se dirigen; pero, sin duda, una vez salgan de escena, ya no han de regresar.

18. Anónimo, *Las edades de la vida*, xilografía en color, Holanda, mediados del siglo XIX. Milán, Civica Raccolta delle Stampe Achille Bertarelli.
Ejemplo holandés de la clásica representación de las edades de la vida, siempre en forma de arco por analogía con el recorrido del Sol. Aquí se muestran las etapas de la existencia desde la cuna hasta los cien años. En el centro, el Tiempo, alado y con sus típicos atributos: la hoz y el reloj de arena.

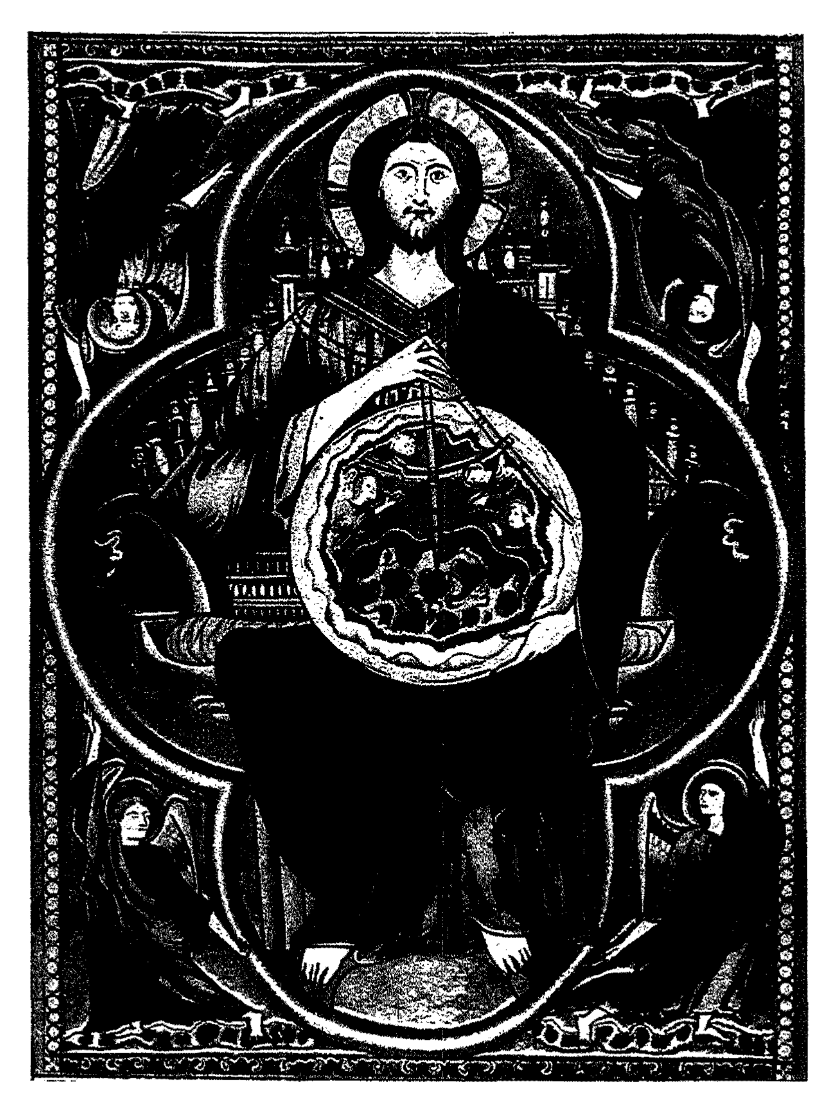
Dios creó dicho universo para el hombre, y la misma voluntad divina que lo engendró le pondrá término un día, en el fin de los tiempos.

En el Corán también puede leerse que «El número de meses, para Alá, es de doce. Fueron inscritos en la Escritura de Alá el día que creó los cielos y la tierra» (9, 36); y que el Sol y la Luna «son indicaciones que sirven a los hombres para fijar la época de peregrinación» (2, 189).* En la Biblia, el relato del Génesis en el que se describe la creación del cosmos empieza con la expresión «en el principio» (*bere'shit*), lo cual significa que el antes y el después comenzaron a existir con el acto de la creación, cuando el tiempo se inició junto con el universo. La creación del universo se realiza en el tiempo, concretamente en seis días, marcados por la sucesión del día a la noche: «Pasó una tarde, pasó una mañana: el día primero».**

Según la Biblia, Dios creó de la nada el tiempo, el espacio, el cielo y la tierra, y además se dice que «tú [Dios] lo has dispuesto todo con medida, número y peso» (Sabiduría, 11, 20). La naturaleza, pues, se regía por armónicas reglas matemáticas de proporción, como salida de las manos de un Dios arquitecto provisto de compás (fig. 19). El Génesis relata que Dios, tras haber creado el tiempo al separar luz y tinieblas en el primer día, en el cuarto día crea esos relojes y calendarios luminosos que son el Sol y la Luna «para separar el día de la noche, y sirvan de señales para distinguir las estaciones, los días y los años» (Génesis, 1, 14) (figs. 20; 21; 22). Tal como escribió san Agustín en *La ciudad de Dios* (12, 15, 1): «Estas medidas de dimensiones de tiempo que, en el habla común, se llaman tiempo [horas, días, meses] se iniciaron con el movimiento de los astros. El propio Dios, al asignarles un espacio, dijo: Que sirvan para distinguir tiempos, días y años». Por último, en el séptimo día, Dios crea al hombre a su imagen y semejanza, y le otorga el dominio del universo. Así, para el pueblo judío, los primeros siete días se convierten en el parámetro de mensuración del tiempo: el sabbat semanal es el día dedicado al descanso y la oración, cada siete años hay un año sabático de pausa, y cada siete veces se celebra el sabbat del quincuagésimo año o año de jubileo.

* El Corán (trad. Julio Cortés), Barcelona, Herder, 2002. (*N. de la t.*)

** Para las traducciones al español de fragmentos bíblicos utilizo la versión de la Casa de la Biblia: *La Biblia didáctica*, Madrid, Ediciones SM, 2005. (*N. de la t.*)



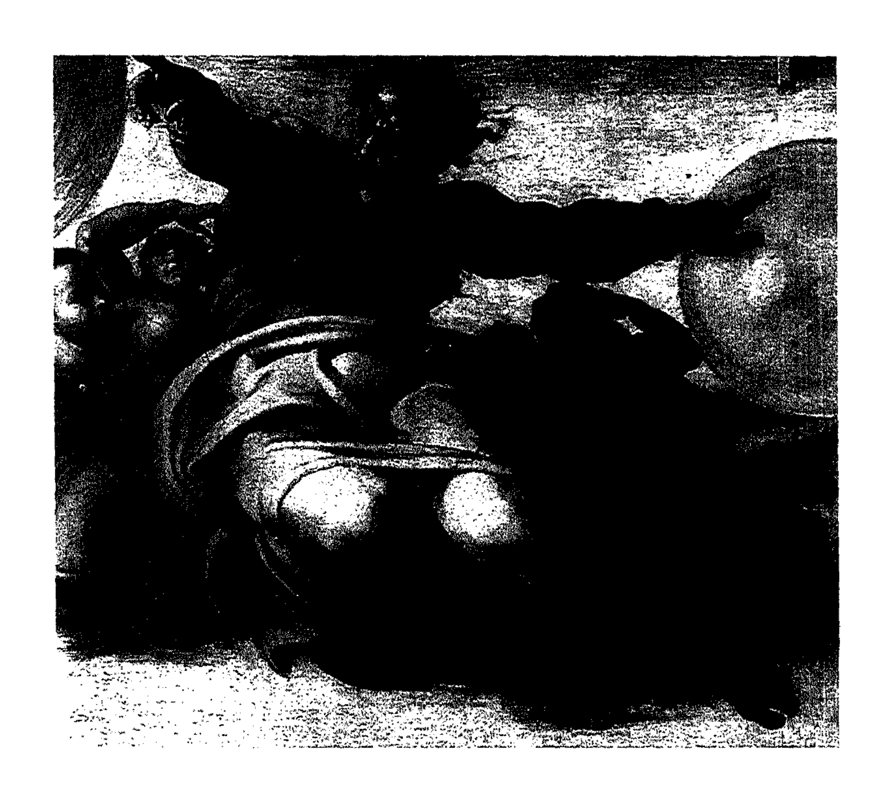
19. *Bible moralisée*, siglo XIII, miniatura. Oxford, Bodleian Library, ms. 270b, f. 1*v*. La imagen representa al Dios arquitecto de la Biblia, creador del universo «con medida, número y peso», es decir, según unas leyes rigurosas de proporción, simbolizadas aquí por el compás con el cual Dios traza un cosmos aristotélico, en el que distribuye los cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego.



20. Anónimo, *La creación del tiempo*, en *Pontificale secundum Ritum Sacrosantae Romanae Ecclesiae cum multis additionibus opportunis*, per Lucantonium de Giunta, Venetiis, 1520. Bolonia, Biblioteca Comunale dell'Archiginnasio.
Aquí vemos a Dios colocando el Sol en la constelación de Aries, que sigue a la de Piscis. La imagen representa la idea de que el tiempo, junto a los movimientos celestes del universo, fue creado a partir del equinoccio primaveral, en el cual el Sol entra en Aries.



21. Guiart des Moulins, *Bible Historiale*, siglo XIV. Montpellier, Bibliothèque Interuniversitaire, ms. H. 49, f. 5*v*.
Para representar la creación bíblica del tiempo, el Sol y la Luna se han colocado en posición equidistante entre sí, y el Creador aparece con los brazos abiertos, como los de una balanza.



22. Miguel Ángel, *La creación del Sol y de la Luna*, fresco de la bóveda de la Capilla Sixtina, 1508-1512, detalle.
Dios, con los brazos abiertos, al igual que los de una balanza, mantiene el Sol y la Luna a la misma distancia entre sí. En aquellos años, la misma visión platónica inspiró a Copérnico.

Todas las civilizaciones anteriores se habían sentido parte de la naturaleza y de sus cíclicos ritmos cósmicos; en cambio, las sociedades monoteístas se sentían parte de una historia, la historia de su alianza con Dios, iniciada con la creación. La promesa que Dios hizo a Abraham decretaba una posteridad innumerable para su pueblo hasta la instauración final del reino de Dios sobre la Tierra, con la venida de un Mesías y la resurrección de los muertos en el fin de los tiempos. En el cristianismo, el tiempo también se inserta en una historia de la humanidad que comienza con el Génesis, cuyo objetivo es el Juicio Final, con el cual Dios pondrá fin al universo, tal como jura el ángel del Apocalipsis: «Y juró diciendo: "Por el que vive por los siglos de los siglos, y por el que ha creado el cielo, la tierra, el mar y cuanto hay en ellos, juro que el tiempo ha llegado a su fin"» (Apocalipsis, 10, 6). La llegada del Mesías imprime una extraordinaria aceleración a esta cuenta atrás: «El plazo se ha cumplido. El reino de Dios está llegando» (Marcos, 1, 15).

La eternidad es un atributo que solo Dios posee. La naturaleza, al igual que la vida humana terrena, es transitoria. En la visión escatológica cristiana, lo mismo que en la judía, el tiempo es la línea que traza el recorrido de la humanidad desde el pecado original del Edén hasta la redención. Ambas religiones coinciden también en la idea de que el inicio y el fin del tiempo van unidos al inicio y fin del universo, al cual sigue la existencia sin tiempo de las almas de los elegidos. Solo hay una diferencia, aunque esencial: para los judíos, el núcleo de la historia reside en la espera de la futura llegada del Mesías; en cambio, para los cristianos, el centro del tiempo se sitúa en el pasado, en el hecho histórico de la encarnación de Cristo.

La visión subjetiva del tiempo de san Agustín solo podía derivar de una teología como la descrita, pues habría sido impensable en la cultura pagana. El santo describió dicha visión en uno de los libros de las *Confesiones*, obra cuyo estilo autobiográfico estaba a años luz de la manera griega de hacer filosofía. Se trata del primer libro de la historia de la filosofía en el que se busca la verdad a través del relato de la existencia e inquietudes del autor. Hoy en día, san Agustín está considerado el precursor del estudio psicológico del tiempo. Sin embargo, cabe señalar que el santo, en las *Confesiones*, discurrió sobre el tiempo movido por la intención de combatir la idea pagana —procedente del neoplatonismo místico— de que las cosas, inde-

pendientemente de la voluntad del individuo y de Dios, poseen un carácter cíclico.

¿El tiempo es el perenne y uniforme movimiento circular de los astros? Según san Agustín, aunque los astros fueran inmóviles, nosotros seguiríamos teniendo conciencia del paso del tiempo. Y, para demostrarlo, presenta como experimento cósmico ideal la milagrosa detención del Sol durante la batalla de Gabaón, descrita en el libro de Josué; incluso con los astros inmóviles, el tiempo en el que se desarrolló dicha batalla seguía pasando: «"¡Sol, detente sobre Gabaón! ¡Y tú, Luna, sobre el valle de Ayalón!". Y el Sol se detuvo y la Luna se paró hasta que el pueblo se vengó de sus enemigos» (Josué, 10, 12-13). El movimiento espacial del Sol es uno de los muchos movimientos utilizados por el hombre para medir los sucesos en términos de duración, aunque, en realidad, es nuestra conciencia la que mide las duraciones.

Aristóteles se limitó a decir que el alma contaba el tiempo, pero no indagó en los procesos mentales de percepción del tiempo. En cambio, san Agustín quiso explorar la actividad del pensamiento como sede y parámetro del tiempo, mejor dicho, de la temporalidad, compuesta de pasado, presente y futuro. Así, en las *Confesiones*, propone considerar las sílabas del himno *Deus creator omnium*, y afirma lo siguiente: no pronunciamos dichas sílabas en un tiempo más o menos largo según el movimiento de un cuerpo externo, sino en función de nuestra capacidad interior para recordar y anticipar la duración de cada sílaba con respecto a las sílabas precedente y sucesiva. A cada instante que pasa, existen elementos de pasado y de futuro. Lo que ocurre con el verso de un himno puede aplicarse a todas las acciones que componen el destino individual, y lo mismo puede decirse a escala humana universal.

Según la filosofía cristiana de san Agustín, solo Dios está fuera del tiempo. La dimensión de la temporalidad es una prerrogativa de la naturaleza y del hombre. La naturaleza carece de historia, y se limita a mantener sus movimientos regulares y cuantificables, pues Dios, durante la creación, estableció que todos los fenómenos conservaran dichos movimientos hasta el fin del mundo. En cambio, la dimensión temporal del hombre posee una historia individual y una historia de toda la humanidad. Lo que más interesaba a san Agustín era esta dimensión del tiempo vinculada a la ex-

periencia humana. Una dimensión cuya naturaleza no es mensurable o espacial, sino psíquica y, más concretamente, espiritual, ya que pertenece a la naturaleza del hombre como ser consciente de su propio pasado, presente y futuro.

La naturaleza profunda del tiempo consiste en la capacidad de revivir el pasado en el presente a través de la memoria, y en poder anticipar mentalmente el porvenir. Dicho de otro modo: en presenciar la propia existencia, en la cual, a cada instante, el recuerdo del pasado y la expectativa de futuro se funden, de modo que toda persona y la humanidad tengan conciencia de su identidad. En este sentido, el gran descubrimiento fue ver que existía un presente mental del pasado y un presente mental del futuro.

Solo que san Agustín, como filósofo que era, tendía a generalizar, y atribuyó a cada ser humano esa capacidad de la conciencia del individuo para conocer y dominar su tiempo, para ser libre de moverse entre la memoria del pasado y la expectativa de un futuro. Sin embargo, a la mayoría de sus contemporáneos les resultaba difícil hablar del tiempo como de algo tan subjetivamente vital. Para la mayor parte de la humanidad, la experiencia del tiempo consistía en una vivencia uniforme e idéntica, basada en las tareas del campo, cuyo ritmo estaba marcado desde siempre y para siempre por los ciclos naturales de las estaciones. Era el tiempo de los trabajos y los días que se repetían eternamente iguales.

LOS TRABAJOS Y LOS DÍAS

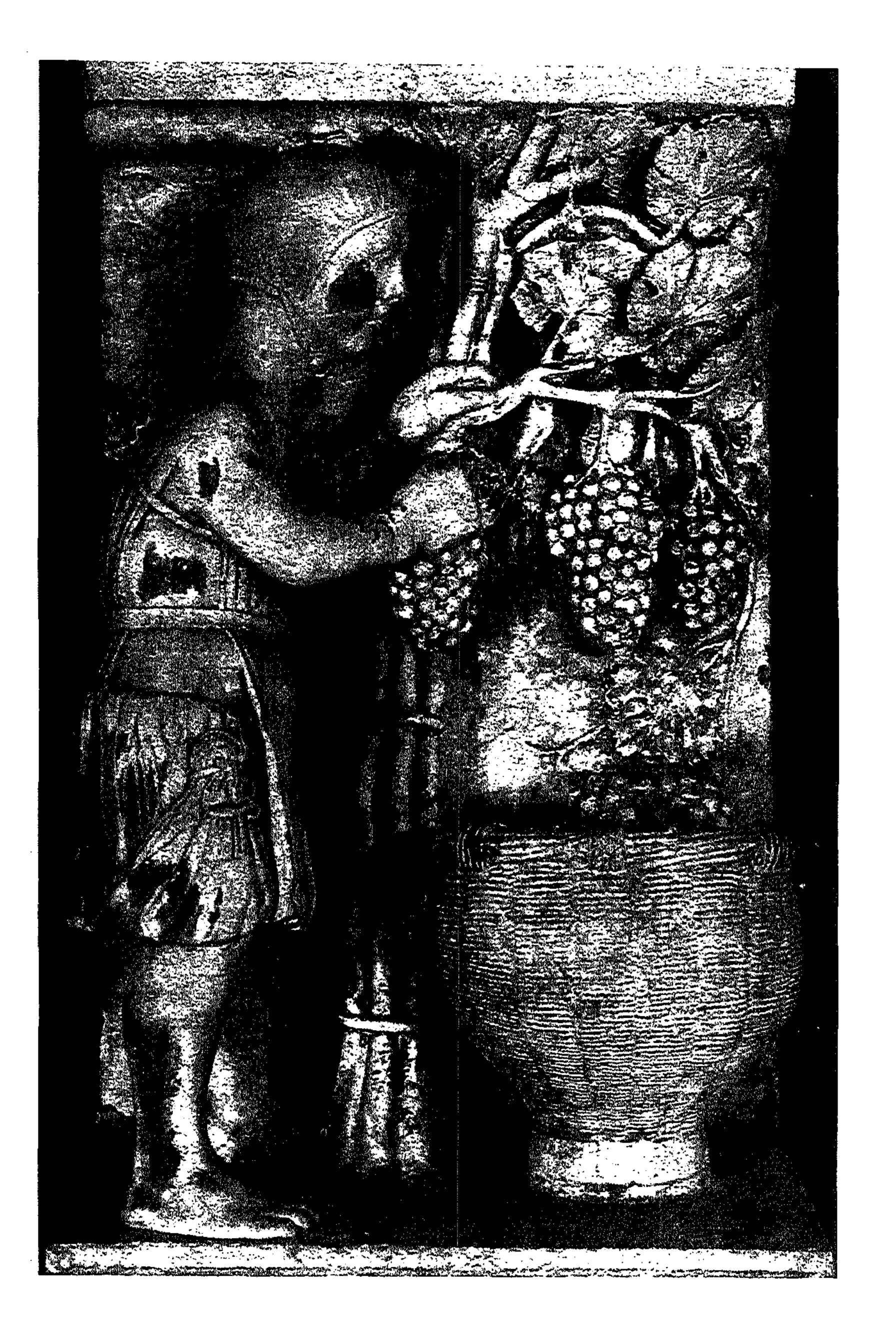
«El Sol y la Luna fueron creados para nosotros. ¿Cómo voy a adorar algo que ha sido creado para servirme?», se preguntaba el apologista cristiano del siglo II Taciano (Febvre, 1975, pág. 378). «Las horas han sido hechas para el hombre, y no el hombre para las horas», decía Rabelais por boca del personaje del abad de Thélème en su obra *Gargantúa* (1534). La polémica de Taciano contra la sacralidad de los astros y la rebeldía renacentista de Rabelais contra la esclavitud del horario muestran cómo el tiempo, a lo largo de los siglos, va descendiendo lentamente del cielo a la tierra.

El descubrimiento de una temporalidad vinculada al hombre, a sus actos y su conciencia de transitoriedad tuvo su origen en el Medievo. «La encarnación puso fin a la Antigua Ley, pero no instauró el Reino de Dios. El tiempo presente, lleno de esperanza por aquel día bienaventurado, no era más que una edad intermedia, un *medium aevum*» (Bloch, 1998, pág. 131). Tras negar la eternidad del universo y la inmortalidad de los astros en nombre de la vida eterna de los mortales (y esta es la paradoja del cristianismo), el tiempo del hombre en la tierra adquirió un protagonismo absoluto.

Buena prueba de ello es el enfoque que se da en el arte medieval al tema clásico de los meses del calendario. En el arte grecorromano, el ciclo de los meses se representaba con personificaciones de sus respectivas características climáticas, como la nieve en el mes de enero o el viento en marzo, o bien mediante alegorías de las cuatro estaciones, plasmadas como muchachas danzantes que lucían flores, espigas o racimos. En el arte cristiano medieval, el ciclo de los meses —como puede observarse en los relieves del pórtico de San Marcos de Venecia, o en la Puerta de los Meses de la catedral de Ferrara, obra realizada en el siglo XIII por un discípulo de Benedetto Antelami (fig. 23)— se representa con imágenes de la experiencia cotidiana del tiempo, al ritmo de las tareas del campo: septiembre es un campesino que vendimia; diciembre, un cortador de leña saliendo de una cocina, en cuyo techo cuelgan unos salchichones; junio se identifica con la recolección de la fruta; agosto, con la recolección de higos...

Estos calendarios antropomórficos muestran que el tiempo del hombre está totalmente supeditado a los tiempos de la naturaleza. Varios siglos más tarde, los hombres seguían guiándose por el Sol y el canto del gallo para saber la hora. En cuanto a la fecha de nacimiento de las personas, a lo sumo recordaban el año, y en vez del mes y el día solían referirse a la época del heno, la vendimia o la espiga (Febvre, 1975, págs. 375 ss.). En el horizonte temporal, el individuo solo podía distinguir una inexorable fijeza, esculpida en versículos bíblicos y proverbios como «nihil novi sub sole», «cada cosa a su tiempo» o «hay un tiempo para cada cosa». Más que de un tiempo agustiniano como conciencia individual llena de recuerdos y espe-

23. *Septiembre*, relieve de la Puerta de los Meses, ca. 1230-1235. Ferrara, Museo della Cattedrale.



ras, deberíamos hablar de una vivencia colectiva plana, absorbida uniformemente por un hoy igual a ayer e igual a mañana.

Pese a todo, había otro horizonte en la existencia personal: el tiempo religioso, el tiempo de la Providencia que los campesinos invocaban yendo a la iglesia el domingo, día dedicado a Dios. Un tiempo por el cual los monjes, en abadías y conventos, recitaban a intervalos fijos las *horae*, esto es, los oficios divinos de la oración diurna y nocturna, velando así por el mundo. En el judaísmo y el islam, los fieles también debían rezar varias veces al día, pero no a horas rigurosamente fijas. Los judíos tenían que orar tres veces a lo largo del día, en arcos de tiempo aproximados: antes del amanecer, antes del ocaso y al caer la noche. Otro tanto puede decirse de las cinco oraciones prescritas en la religión islámica: al alba, poco después de mediodía, antes o después del atardecer y al caer la noche.

En el cristianismo primitivo existía la tradición de una doble oración en común, alrededor de medianoche o del alba, sin horarios rígidos. La idea de honrar a Dios con el simbólico número de siete oraciones cotidianas distribuidas en intervalos fijos, es decir, las «horas canónicas», fue un invento litúrgico medieval. Dichas horas eran las siguientes: Laudes, antes del amanecer; Prima, a las seis, cuando empezaba la jornada laboral; Tercia, a media mañana; Sexta, a las doce del mediodía; Nona, a las tres de la tarde; Vísperas, al atardecer; Completas, antes de acostarse.

Ora et labora: fueron sobre todo los legisladores de las órdenes monásticas, como san Columbano y san Benito, quienes idearon una agenda religiosa comunitaria *hora pro hora*. La vocación ascética del monaquismo benedictino indujo a dicha orden a añadir a las siete horas canónicas una octava hora de rezo, Maitines o Vigilias, hacia las dos de la madrugada. En este sentido, el capítulo XVI de la *Regla* de san Benito prescribe, citando las Sagradas Escrituras, que «ya el mismo Profeta dice de las Vigilias nocturnas: "Me levantaba a media noche para alabarte". Por lo tanto, a aquellas horas, a saber, Laudes, Prima, Tercia, Sexta, Nona, Vísperas y Completas, alabemos nosotros a nuestro Creador "por los juicios de su justicia" y levantémonos por la noche a rendirle tributo».* Antífonas, himnos, respon-

* *Regla de San Benito* (trad. Antonio Linage), Madrid, Letamenia, 1989, pág. 112. (*N. de la t.*)

sorios, cánticos, versículos: la *Regla* de san Benito contiene un meticuloso calendario semanal de oraciones fijas que deben recitarse en cada hora canónica, «de manera que los domingos las Vigilias se empiecen siempre con el [salmo] veinte. El lunes, a Tercia, Sexta y Nona, las nueve partes que quedan del salmo ciento dieciocho, tres en cada una de dichas horas...».[11]

El siglo pasado, Werner Sombart y Lewis Mumford, siguiendo los pasos de Max Weber, elaboraron una controvertida tesis. Según dicha teoría, el hecho de disciplinar la vida comunitaria a horas fijas supuso una estandarización del tiempo que, históricamente, tendría gran repercusión. Es decir: los monasterios medievales, al son de sus despertadores y campanillas, dieron la señal de salida a nuestra modernidad.

Recordemos lo que escribió Mumford en *Técnica y civilización* (1961, págs. 28 ss.), célebre libro publicado en Estados Unidos en la época del New Deal, en 1934, cuando Chaplin rodaba *Tiempos modernos*:

> El primer ejemplo de aplicación de métodos de pensamiento cuantitativos al estudio de la naturaleza fue la mensuración regular del tiempo. Este nuevo concepto mecánico surgió, en parte, de las reglas de vida monacales. [...] Los monasterios (en aquellos tiempos seguían la regla benedictina unos cuarenta mil) contribuyeron a otorgar a las tareas humanas el ritmo regular y colectivo de la máquina. Y es que el reloj, además de indicar las horas, también sirve para sincronizar las acciones del hombre. [...] El instrumento básico de la era industrial moderna no es la máquina de vapor, sino el reloj. Este era un nuevo tipo de máquina, cuya fuente de energía y cuya transmisión garantizaban un flujo regular de energía durante el trabajo, lo cual permitía una producción regular y estandarizada. El reloj, debido a su relación con cantidades determinables de energía, con la estandarización y la acción automática, así como a su capacidad para medir con precisión el tiempo, fue la primera máquina de la técnica moderna. Y siempre, en todas las épocas, ha ido a la vanguardia, mostrando una perfección a la que el resto de máquinas aspiran.

¿El reloj monástico como *deus ex machina* de la modernidad? Historiadores contemporáneos de Mumford, como Lucien Febvre y Alexandre Koyré, tacharon de anacrónica esta tesis sobre los orígenes monásticos de la

modernidad científica. En primer lugar, porque el tiempo de los monasterios aún no era un tiempo estandarizado y, en segundo término, porque los relojes monásticos solo eran instrumentos acústicos de uso nocturno. De hecho, entre el oficio matinal de Laudes y el rezo vespertino de Vísperas, la jornada benedictina transcurría según el paso del tiempo natural del Sol y las estaciones, con la meridiana que, en los días serenos, indicaba la hora Sexta del mediodía.

En la vida monacal, el *horologium excitatorium* solo era protagonista en el momento de despertar de madrugada para el oficio de Maitines o Vigilias. Pero no era un reloj propiamente dicho, no se trataba de un instrumento para subdividir el día en horas iguales entre sí, ni la hora en minutos y segundos. El reloj monástico era un despertador con campanillas, un dispositivo que repetía el sonido y se accionaba mediante agua, como las antiguas clepsidras con engranajes descritas por Vitruvio, o bien se accionaba con pesas, al igual que se hacía con los espetones en la chimenea. Hasta finales del siglo XVI, solo se puede hablar de minutos y segundos en el ámbito astronómico, como de medidas angulares teóricas que no pueden medirse con relojes mecánicos. Por este motivo, la invención del reloj mecánico pasó inadvertida en el mundo de la astronomía y astrología medievales.

Lo cierto es que la tesis de Mumford era anacrónica: los despertadores monásticos no fueron los precursores directos de los relojes, del mismo modo que el monasterio benedictino no fue el precedente de las fábricas de Detroit o de la película *Metrópolis*. Pese a todo, no puede negarse la perspicacia histórica de Mumford al llamar la atención sobre la ascética abnegación de los benedictinos, quienes velaban por el mundo rezando a cada hora canónica, día y noche, incluidas las noches de invierno más inclementes (North, 1975). En los estudios más recientes sobre el misterio de los orígenes del reloj mecánico medieval, ya no se alude tanto a los despertadores que funcionaban en los monasterios, sino más bien al hecho de que estos no cumplían bien su función (Brusa, 1990; Dohrn, 1997, págs. 113 ss.).

En la Edad Media se inventaron dos instrumentos para medir el tiempo, ambos obra de autores anónimos: el *horologium vitreum* y el *horologium ferreum*. El primero era el reloj de arena, compuesto por dos recipientes de

cristal superpuestos; se ideó pensando en la navegación, para que el movimiento de las olas no influyera en dicho reloj. El *horologium ferreum* era un mecanismo con engranajes que se accionaba al bajar unas pesas cuyo descenso se veía frenado por un nuevo dispositivo regulador: el escape. El inconveniente de los despertadores de agua era que dejaban de funcionar justo cuando más se los necesitaba, es decir, durante la noche, cuando las bajas temperaturas helaban el agua. La invención del reloj mecánico se basa en la idea de utilizar como motor la fuerza natural de caída de los cuerpos.

FRENAR, AJUSTAR

Las primeras noticias acerca de la difusión de mecanismos para señalar el tiempo, fuera del ámbito monacal, datan de finales del siglo XIII. Se refieren a relojes sin manecillas ni esferas, es decir, solo acústicos (de ahí la palabra inglesa *clock*, derivada del término francés *cloche*, «campana»), y describen los primeros pasos de la gran carrera que el reloj mecánico habría de recorrer como objeto litúrgico e instrumento de fe.

Hasta la fecha, el documento más antiguo que se conoce sobre el uso del reloj mecánico en Europa es el gran tratado de liturgia *Rationale Divinorum Officiorum* de 1284 (Brusa, 1990, pág. 486). En dicha obra, el obispo Guillermo Durando señala como objeto litúrgico necesario en catedrales y basílicas cristianas, tan imprescindible como el copón, los cálices o las lámparas del altar, la fuente bautismal o el púlpito, no solo una meridiana, sino también «un reloj para leer las horas, esto es, para contarlas» (*horologium per quod hore leggere id est colligere*), colocado bien a la vista, sobre el púlpito.

Sin duda, ello supone un gran ennoblecimiento litúrgico del objeto si lo comparamos con el despertador de los monjes. Ahora bien, si el púlpito servía para enseñar la palabra de Dios y el altar para la eucaristía, ¿para qué enseñanza o misterio podía utilizarse el tintineo de campanas que marcaba las horas? ¿La brevedad de nuestra vida mortal? ¿El misterio de la creación? Además del texto oficial de Durando, existen otros testimonios de los orígenes sagrados del reloj mecánico. A principios del siglo XIV,

Dante, en el *Paraíso* (X, 139-145; XXIV, 13-15), alude claramente al mecanismo con movimiento alternativo («empuja y urge») de un despertador con sonería (no se sabe si de agua o de pesas), y lo utiliza como metáfora de lo solícita que se muestra la Iglesia con Dios, su esposo:

> En fin, lo mismo que un reloj que llama
> cuando la esposa del Señor despierta
> a que cante maitines a su amado,
> que una pieza a la otra empuja y urge,
> tintineando con tan dulces notas.*

Está documentado que, a principios del siglo XIV, había relojes en las iglesias de los grandes conventos de la Orden Dominica; tal es el caso de Orvieto, en el centro de Italia. De esos mismos años data el primer testimonio seguro de un *horologium ferreum* accionado con pesas, también en una iglesia dominica. Así lo afirma el padre Galvano Fiamma (1283-1344), cronista que menciona un reloj de este tipo instalado en 1309 en la iglesia de San Eustorgio de Milán, en el barrio de Porta Ticinese; no está claro si el reloj se hallaba dentro del edificio o en el nuevo campanario.[12]

En 1324 está documentada la presencia de un mecanismo automático para dar la hora dentro de la catedral de Beauvais, en el norte de Francia. Y en 1340 también se instaló un reloj mecánico en la abadía benedictina de Cluny. Durante las primeras décadas del siglo XIV, se colocaron relojes cada vez más imponentes en las principales catedrales (la catedral de Módena lo hizo en 1343; San Lorenzo de Génova, en 1345). En 1359, las naves de la catedral de Chartres albergaban dos relojes que marcaban el paso de las horas (Brusa, 1990; Cipolla, 1996, págs. 16 ss.).

Galvano Fiamma menciona también un reloj, dotado de un tren de engranajes para dar públicamente las horas con repetidos tañidos, que el duque Azzone Visconti mandó colocar en el moderno campanario de la nueva iglesia de San Gotardo de Milán en 1336:

* Dante Alighieri, *Divina comedia* (trad. L. Martínez de Merlo), Madrid, Cátedra, 1988. (*N. de la t.*)

> en lo alto del campanario hay varias campanas, y hay un reloj maravilloso, con un solo badajo muy grande (*unum tintinnabulum valde grossum*) que golpea una campana veinticuatro veces, según el número de las veinticuatro horas del día y de la noche. Así, en la primera hora de la noche da un toque; en la segunda, dos toques; en la tercera, tres y en la cuarta, cuatro. De este modo, el reloj diferencia una hora de otra, lo cual resulta sumamente útil (*summe necessarium*) para gentes de todas las condiciones.[13]

Tal como escribe Fiamma, el sonido de las horas que emitía el reloj público del duque era muy útil para todos los habitantes de una gran ciudad como Milán, y no solo para los clérigos y los fieles reunidos en la iglesia. Estas palabras profetizaron el incontenible éxito de los relojes mecánicos, como instrumentos y símbolos de dinamismo, en las ciudades de la Europa tardomedieval.

En 1344, un reloj público, ideado por el médico y astrólogo Jacopo Dondi, daba las horas desde la torre del Ayuntamiento de Padua. En París, el poeta Jean Froissart, en *L'orloge amoureus* (1369), dedicó una canción de amor a la utilidad del reloj público que Carlos V de Francia mandó instalar en la torre del antiguo palacio real (actual Palacio de Justicia), situada en la Île de la Cité, a orillas del Sena, en la parte que hoy sigue llamándose Quai de l'Horloge:

> L'Orloge est, au vrai considerer
> Un instrument très bel et très notable
> Et c'est aussi plaisant et pourfitable
> Car nuit et jour les heures nous aprent,
> Par la soubtilletè qu'elles comprennemt
> En l'absence meisme dou soleil
> Dont on doit meuls prisier son appareil
> Ce que les autres instruments ne font pas.*

* «Pues el reloj es, bien mirado, / un instrumento muy bello y notable; / y también es agradable y provechoso; / pues noche y día nos dice las horas, / por la sutileza con que actúa / incluso en ausencia del Sol. / Así que hay que apreciar más su mecanismo, / lo que los otros instrumentos no hacen / aunque estén hechos con arte y compás. / Y se tiene por valiente y por sabio / al que primero descubrió su uso, / que por su cuenta comenzó e hizo / cosa tan noble y de tan gran provecho». Trad. esp. en Landes 2007, págs. 97-98. (*N. de la t.*)

Según Froissart, el reloj era un instrumento «bello y notable» porque marcaba las horas día y noche gracias a su «sutileza». Así pues, los contemporáneos del poeta se sentían fascinados por el automatismo del funcionamiento del reloj, que permitía medir artificialmente horas iguales.

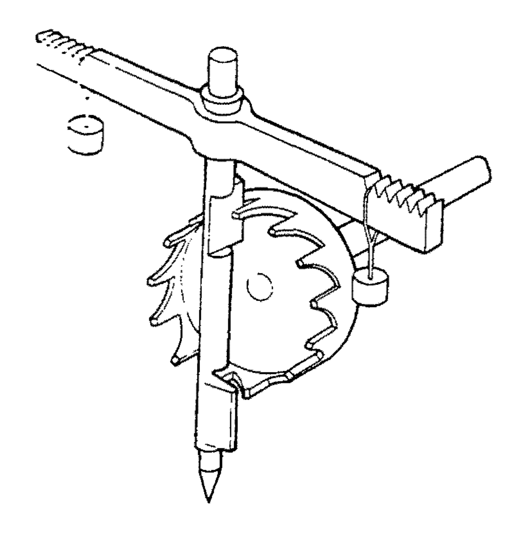
La «sutileza», la genialidad de la que habla Froissart residen en el dispositivo regulador, que servía para frenar la velocidad de descenso de la pesa motorizada. Sin freno, la pesa habría acelerado continuamente. El mecanismo que hacía de resistencia y permitía que la pesa descendiera a velocidad constante, confiriendo al reloj un movimiento uniforme, era el escape de varilla y *foliot*. El término *foliot*, derivado del francés *fléau* (que, a su vez, procede del término latino *flagellum*, el batidor manual o molinillo de cocina), designaba los brazos de la balanza, esto es, la barra oscilante que constituye una balanza. El *foliot* del reloj era una barrita metálica, que oscilaba hacia adelante y hacia atrás, embutida en un eje vertical giratorio con dos paletas llamado «varilla». La acción de las paletas sobre una rueda dentada, conectada al peso motor, bloqueaba y soltaba dicha rueda a cada vaivén del *foliot*. Dicho de otro modo: a cada oscilación del *foliot*, la rueda avanzaba (o soltaba) un diente más y, con ella, el peso, para luego bloquearla. Y así sucesivamente.

El verdadero ingenio mecánico consistía en dos pesas colgadas de los brazos del *foliot*, denominadas «reguladores»: al acercar dichas pesas a la varilla, aumentaba la velocidad de oscilación hacia adelante y hacia atrás y, al alejarlas, disminuía. De este modo, se lograba que la velocidad de rotación de la varilla coincidiera —aproximadamente— con un determinado intervalo de tiempo, por ejemplo, con una hora de meridiana (esquema a). Se ignora quién inventó este dispositivo de regulación, y tampoco se sabe quiénes idearon otro tipo de escape muy utilizado en aquel entonces, sobre todo por los relojeros italianos, en el que se empleaba como regulador un volante en forma de rueda.

Debido a las múltiples resistencias y a las variaciones del peso motor, al cual, mientras iba bajando, se añadía el peso de la cuerda, estos relojes sufrían retrasos o adelantos de cuartos de hora al día. Además, hasta finales del siglo XVII, los relojes solo tenían una manecilla, la de las horas, y no dividían el tiempo en minutos. Cada reloj precisaba de un operario, un «encargado del reloj» que debía recargar las pesas, engrasar los

engranajes y ajustarlo según la hora del mediodía que indicaban las meridianas.

Así pues, lo «sumamente útil» que resultaba el reloj para toda la sociedad, tal como señalaron Galvano Fiamma y Jean Froissart, no se debía a una cuestión de precisión propiamente dicha. La invención del reloj mecánico era de gran utilidad porque este dividía la jornada en horas siempre iguales, independientemente de los cambios estacionales. En realidad, los instrumentos de precisión para medir el tiempo se revelaron muy útiles más tarde, tras el descubrimiento de América, cuando, en la navegación y la cartografía, comenzó a apremiar la necesidad de poseer relojes náuticos



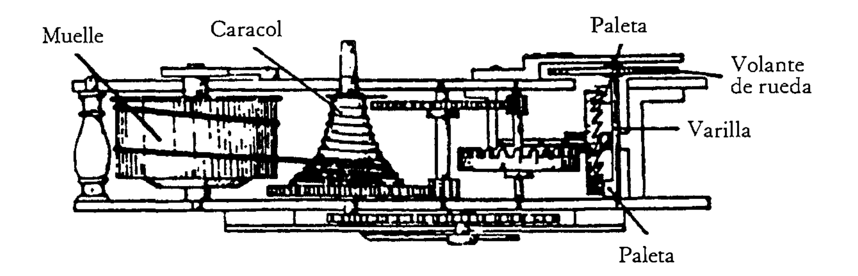
Esquema a. Escape de varilla y *foliot*.
El eje vertical de la rueda de corona dentada, movido por el descenso de un peso que no aparece en el dibujo, no puede girar libremente a causa de las dos paletas accionadas alternativamente por los dientes de la rueda. Cuando el peso motor empuja hacia la izquierda la paleta de arriba, la paleta de abajo queda bloqueada por un diente inferior, deteniendo la rueda de escape e invirtiendo la rotación del eje. La velocidad del movimiento viene determinada por el peso motor, la longitud de los brazos del *foliot* oscilante y las dimensiones y posiciones de las dos pesas reguladoras colgadas del mismo. Si ambas pesas se aproximan al centro de rotación, el reloj va hacia adelante.

para calcular la longitud en el mar. No obstante, hasta finales del siglo XVI, la evolución de los relojes no se encaminó hacia una mayor precisión, sino hacia la producción de relojes de uso privado y portátiles. Fue un proceso comparable a lo que ocurre hoy con los ordenadores, cuyas dimensiones y peso son cada día menores, o con los automóviles, cuyas prestaciones aumentan en términos de velocidad, seguridad y comodidad, si bien no hay innovaciones radicales en cuanto a motores y fuentes de energía.

En cambio, durante el Renacimiento, se produjo una innovación del reloj en este último ámbito, gracias al aprovechamiento de una forma de energía que no había sido utilizada en la Antigüedad ni en la Edad Media. La idea surgió con la nueva tecnología de las armas de fuego y sus mecanismos de resorte, como las llaves y los gatillos de arcabuces y pistolas. Se trataba de la fuerza de los muelles, en particular de los muelles de espiral, finas láminas de metal enrolladas sobre sí mismas que desprendían energía independientemente de su posición y movimiento. Gracias a este mecanismo, en la producción de relojes se abandonó el peso motor.

Con todo, había un inconveniente: la cantidad de energía que desprendía el muelle disminuía a la vez que el mismo se expandía. Para mantener constante la fuerza desprendida y, por tanto, el movimiento del reloj, los artesanos —una vez más, anónimos— introdujeron el caracol, un dispositivo regulador muy eficaz, cuya función equivalía a la del *foliot* en los relojes de pesas. El caracol funcionaba como el actual piñón de corona de la rueda de una bicicleta con el cambio, solo que sus dimensiones eran cien veces más reducidas. El caracol estaba conectado al muelle mediante un tubo o una cadena de eslabones, de modo que el muelle, al alcanzar su fuerza máxima, actuaba sobre el mismo en el punto de menor diámetro; por el contrario, cuando el muelle tenía menor fuerza, hacía girar su parte más ancha (esquema b).

En el Renacimiento empezaron a fabricarse relojes de muelle —de mesa y de bolsillo— cada vez más pequeños, que se convirtieron en objetos decorativos de lujo para una clientela exclusiva. La progresiva miniaturización de los relojes, junto con la elevación del estatus social de sus compradores, transformó el perfil de los artesanos que los fabricaban. Así, mientras que, en el siglo XIV, los constructores de los primeros relojes de hierro y bronce habían sido monjes, herreros, armeros y fundidores de



Esquema b. Escape de volante de rueda de los relojes de bolsillo renacentistas, accionados por un muelle que se expandía mediante un dispositivo regulador llamado «caracol».

cañones, a partir del siglo XV fueron sobre todo orfebres y joyeros quienes se dedicaron a producir relojes.

Los pequeños relojes personales estaban muy solicitados debido a su alto valor y precio, pero no porque fueran más precisos que los grandes relojes de pesas de las catedrales y las torres de los ayuntamientos. Según Gerolamo Cardano, los relojes de muelles portátiles, pequeñas maravillas reservadas a unos pocos, pasaban más tiempo en el taller de reparación que con sus propietarios.[14] Ello demuestra, una vez más, que la atracción ejercida por los relojes en la cultura medieval no se debía a su exactitud de medición, sino a su imagen de automatismo, de funcionamiento regular. La historia del reloj mecánico moderno no debe interpretarse como una mera cuestión de engranajes y de progresiva exactitud. En el imaginario de la sociedad medieval, poseer un reloj portátil no servía tanto para saber la hora como para que el individuo tuviera la sensación, o ilusión, de poder gestionar mejor su tiempo.

¿Por qué la utilidad, la necesidad de contar con horas iguales surgió en el Medievo europeo, y no antes o en otro lugar? La historiografía empezó a plantearse esta pregunta hace solo unas décadas, desde la segunda mitad del siglo pasado, momento en que dicha interrogación se situó en el centro de un debate sin tregua entre los historiadores de la mentalidad, la técnica, la economía y la ciencia: Lucien Febvre, Alexandre Koyré, Jacques Le Goff, Lynn White jr., Carlo Maria Cipolla, David Landes… La cuestión sigue abierta, pero, al menos, se ha desestimado la explicación naturalista,

de tipo tautológico, según la cual los progresos de los relojes venían dictados por una exigencia innata de medir con precisión el tiempo. Y es que los relojes no servían para tal fin:

> [...] los relojes medievales de pesas, cuya invención constituye una de las grandes glorias del pensamiento técnico del Medievo, eran poco precisos o, en cualquier caso, menos precisos que los relojes de agua de la Antigüedad, al menos que los relojes de la época imperial. [...] Estos no indicaban las subdivisiones de la hora, e indicaban las horas con tal margen de error que su uso carecía prácticamente de valor (Koyré, 1967, pág. 104).

¿Por qué unos instrumentos tan imprecisos y costosos tuvieron tanta difusión en todas las ciudades medievales? Según Mumford, porque estas eran ciudades mercantiles: «El tañido regular de las campanas aportó una nueva dimensión a la vida del trabajador y el mercader [...], y casi llegó a definir la existencia de las ciudades» (Mumford, 1961, pág. 30). En opinión de Koyré, los relojes se difundieron «en paralelo al crecimiento de las ciudades y de la riqueza urbana o, si se prefiere, paralelamente a la victoria de la ciudad y la vida urbana sobre el campo» (Koyré, 1967, pág. 106). Con los años, esta interpretación «urbana» de la difusión medieval del reloj derivó en un tipo de explicación que consiste en emular dos formas distintas de tiempo social, el tiempo rural y el tiempo de las ciudades mercantiles:

> Tiempo urbano, más complejo y refinado que el tiempo simple del campo, medido por rústicas campanas, de las que Juan de Garlandia, a principios del siglo XIII, nos da esta etimología fantasiosa a la par que reveladora: «Campane dicuntur a rusticis qui habitant in campo, qui nesciant judicare horas nisi per campanas» («Las campanas son llamadas así por los rústicos que viven en el campo, quienes solo saben la hora gracias a las campanas») (Le Goff, 1977, pág. 14).

«Tiempo de la iglesia y tiempo del mercader en la Edad Media»: así reza el título de un artículo escrito por el historiador francés Jacques Le Goff en 1960. En dichas páginas, el autor presenta el tiempo como terreno de conflicto entre la Iglesia y el mercado, entre una visión trascendente de la existencia y la mentalidad mercantil que se había extendido en la Europa de la Baja Edad Media. ¿Quién prevaleció, la Iglesia o los mercaderes?

Hasta entonces, el mercader, al igual que el campesino, había estado sometido al puro orden temporal de la naturaleza, y había períodos de escasez y períodos de abundancia. En invierno era imposible navegar; e incluso en pleno verano, no siempre era posible cruzar las altas montañas: dependía de la nieve. Así pues, los mercaderes solo podían poner sus negocios en manos del buen Dios, tal como hacían los campesinos. No obstante, con el crecimiento de las redes comerciales y las actividades artesanas, el tiempo, para el mercader, dejó de ser algo que venía del cielo y debía aceptarse para convertirse en algo que se medía: la duración del alquiler de los barcos, los precios que subían y bajaban durante la semana y, a veces, en un solo día, los tiempos de trabajo de obreros y artesanos...

Con todo, el verdadero terreno de conflicto está relacionado con la invención del sistema bancario, basado en el préstamo con intereses. La usura era un pecado condenado por la Iglesia; sin embargo, el desarrollo de las ciudades premiaba dicha actividad. En la ciudad medieval, la moneda circulaba como mercancía universal de cambio y medida de valores. Transacciones monetarias, letras de cambio, seguros de mercancías: todas estas operaciones se basaban en el tiempo, e imponían a banqueros, cambistas, contables y notarios un tiempo seguro, compuesto por horas iguales que todos pudiesen verificar del mismo modo. «Quien sepa utilizar el tiempo será dueño de todo cuanto desee», escribió Leon Battista Alberti.[15] «Recuerda que el tiempo es dinero» (*Time is money*), repetirá tres siglos después el periodista, científico y comerciante Benjamin Franklin en su obra *Consejo a un joven comerciante* (1748).[16] Por su parte, Le Goff (1977, pág. 13) afirma lo siguiente:

> Se vuelve a acuñar oro, se multiplican los signos monetarios y las operaciones de cambio se complican debido a una especie de bimetalismo, a la diversidad de las monedas reales y a la aparición de fluctuaciones, lo cual crea una variabilidad en el curso comercial del dinero y las primeras «alteraciones» monetarias, es decir, las primeras medidas de inflación y, en menor grado, de deflación: toda esta ampliación del campo monetario requiere un tiempo mejor medido. Cuando la aristocracia de los cambistas sustituye a la aristocracia de los fabricantes de moneda de la Alta Edad Media, el sector del cambio preludia el tiempo de la Bolsa, en el cual minutos y segundos harán y desharán fortunas enteras.

¿La utilidad de los relojes mecánicos que habían proclamado Galvano Fiamma y Froissart solo servía para el comercio y la moneda? Lo cierto es que, poco a poco, el trabajo urbano dejó de medirse según el día, es decir, con el tiempo del Sol, para regirse por las horas artificialmente iguales del reloj. Buen ejemplo de ello es un caso que menciona Le Goff: en 1355, en un burgo de Artois, se autoriza al gremio de mercaderes a construir un campanario cuyas campanas toquen —como harán más tarde las sirenas de las fábricas— las horas de mercado de los comerciantes de telas, así como las horas de trabajo de los trabajadores pañeros, con el fin de que «la mayor parte de los jornaleros vayan y vuelvan del trabajo a horas fijas».

A diferencia del tiempo natural e inmutable al que estaba supeditado el trabajo campesino, el tiempo artificial de las horas de los relojes urbanos se podía negociar y variar con el fin de prolongar o abreviar la jornada laboral. Por ejemplo, en Arras, en 1315, los obreros pañeros consiguieron «jornadas más largas y salarios más altos» gracias al nuevo tiempo de los relojes (Le Goff, 1977, págs. 14; 28).

¿Quién gana con ello? Los mercaderes, pues racionalizan e imponen su tiempo profano, medido con relojes y basado exclusivamente en principios de utilidad terrena. Según Le Goff, los faraónicos y carísimos relojes monumentales que se erigían en torres y edificios municipales de toda Europa simbolizaban el completo triunfo de la medición seglar del tiempo, que usurpó a la eternidad sobrenatural su rol tradicional de referente sagrado. ¿El reloj como instrumento de control económico y social? No solo eso. ¿Como instrumento de negociación y transformación del tiempo de trabajo? No solo eso. En la civilización medieval, el avance triunfal de los relojes mecánicos de los mercados trascendía el aspecto económico-social.

El modelo de Le Goff pone de manifiesto otro efecto, en este caso teológico, de la victoria de los mercaderes; se trata de la idea de Purgatorio, un lugar, mejor dicho, una condición de la vida ultraterrena que la *Divina comedia* de Dante contribuyó a dar a conocer universalmente. La idea de Purgatorio añadía un tiempo intermedio de penitencia variable y medible entre la doble eternidad que representaban, por un lado, la condena del Infierno y, por otro, la felicidad sin fin del Paraíso. Con la invención medieval del Purgatorio, se instalaba en la teología cristiana la nueva figu-

ra de un Dios que, además de haberlo creado todo «con medida, número y peso», ahora medía el tiempo de espera en la ultratumba del Purgatorio, y lo hacía con un criterio comparable al de un banquero que examina un crédito, calcula y deduce.

Hoy, gracias a nuevas investigaciones, la tesis de Le Goff sobre la antinomia entre tiempo religioso y tiempo económico ha sido superada. El citado caso del reloj de las pañerías de Arras no se repite en otras ciudades, lo cual impide generalizar la idea de que existían jornadas laborales dictadas por el reloj. El hecho de que los mercaderes, en sus libros de cuentas, no incluyeran las horas, resta fuerza a la imagen del mercader medieval como precursor de la actual racionalización utilitaria de un tiempo artificial estándar. Más que los mercaderes, quienes empezaron a instalar relojes públicos, cada vez más monumentales, en iglesias y torres de ayuntamientos fueron los obispos y las autoridades municipales (Dohrn, 1997, págs. 235-240). No nos hallamos, pues, ante un conflicto entre religión y técnica: la Iglesia, en vez de oponerse a los relojes públicos, los convirtió en nuevos instrumentos de fe.

Mientras veían la luz los estudios de Le Goff, el historiador estadounidense Lynn White jr. (1967; 1969) dio con otro tipo de argumento para explicar la invención del reloj mecánico y su incontenible éxito en la Edad Media: a los ojos de la sociedad cristiana medieval, el funcionamiento ordenado, constante y regular de los relojes mecánicos reflejaba la racionalidad del proyecto divino del universo. Además, el escape, ese dispositivo que frenaba la caída natural del peso con el fin de marcar horas aproximadamente iguales, simbolizaba un modelo de ética personal y social.

El mérito de White reside en extender los archivos de la historia de la mensuración del tiempo a ámbitos documentales que los historiadores de la relojería suelen ignorar, como las fuentes iconográficas y los textos de literatura religiosa popular (White jr., 1978). En algunas de las escasas miniaturas medievales que representan el *horologium ferreum*, este aparece asociado a la alegoría de la virtud cristiana de la Templanza, que corresponde al sentido de la mesura o moderación, considerada por Aristóteles como la primera de las virtudes. Sobriedad, continencia, autodominio: la difusión del reloj en la sociedad medieval reflejaba también este ideal de vida, basado en el uso regular de nuestras capacidades, cuyo objetivo era no sobrepasar el fin de conservación que la naturaleza nos había asignado (fig. 24).

Así pues, en el imaginario medieval, el reloj y sus horas expresaban valores sociales y psicológicos basados en el equilibrio, la certeza y el autocontrol; así lo atestiguan los clásicos de la literatura devocional de la Edad Media, como el *Horologium sapientiae* (ca. 1334) de Heinrich Seuse o el *Horologium devotionis* (ca. 1350) de Bertholt Huenlein, así como los libros de horas y los emblemas. En todos ellos, la figura del reloj mecánico simbolizó durante siglos un ideal y un estilo de vida muy concretos: una existencia austera, dedicada al trabajo y presidida por el autocontrol, la fidelidad a uno mismo y la diligencia (fig. 25).

Recapitulemos las ideas expuestas hasta ahora: los historiadores dan al menos tres posibles razones para explicar el profundo arraigo del reloj en la sociedad medieval. En primer lugar, la consolidación del poder y de su control administrativo. En segundo término, las nuevas actividades financieras, basadas en el tiempo. Y por último, aunque no menos importante, cabe decir que el reloj reforzó el imaginario ético de las élites, pues transmitía con fuerza sus ideales de moderación y equilibrio. En definitiva, frente a estas explicaciones históricas divergentes e incluso opuestas entre sí, debemos admitir que, setenta años después de la publicación de la obra de Mumford *Técnica y civilización*, seguimos siendo incapaces de señalar la razón esencial del triunfo de los relojes públicos en las ciudades de la Europa cristiana medieval, y tampoco podemos indicar el efecto principal que dicho fenómeno pudo llegar a producir.

¿Qué sentido tenían esos monumentales relojes mecánicos públicos del siglo XIV, cuyos costes de construcción y manutención eran enormes? La cuestión siempre se ha zanjado en términos bastante previsibles, a menudo acompañados de un ingenuo orgullo localista o de mera propaganda:

> ningún ciudadano de Europa se habría sentido tal si, al alzar la cabeza en la plaza de su ciudad, no hubiera visto girar los planetas del cielo en ciclos y epiciclos mientras los ángeles tocaban sus trompetas, el gallo cantaba a los apóstoles, reyes y profetas marchaban hacia adelante y hacia atrás al son de las horas (White jr., 1967, pág. 183).

En la mayoría de los casos, se trataba de espectáculos y juegos de campanas automáticas. Las esferas astronómicas y los discos de los calendarios eran ani-

> mados, los Reyes Magos pasaban ante la Virgen María y se inclinaban, los gallos batían sus alas y cacareaban, y unos esqueletos animados recordaban la amenaza de la muerte. [...] Hasta el siglo XIX —a excepción de alguna fase iconoclasta—, la función manifiesta de tales exhibiciones consistía en atraer a la gente a la iglesia, en asombrarla con movimientos misteriosos, aumentando así la autoridad de la Iglesia (Dohrn, 1997, pág. 112).

En la actualidad, todos esos artefactos de hierro, madera y cartón piedra nos hacen sonreír, pues solemos considerarlos simples cachivaches, trastos inútiles para la historia de la medición del tiempo. Son formas litúrgicas que hoy, para nosotros, constituyen aspectos folclóricos carentes de significación e interés para el progreso de los métodos de mensuración del tiempo. Sin embargo, dichos colosos de la mecánica aplicada no eran juguetes. Así pues, debemos observar de cerca las chirriantes maravillas medievales de la mecánica aplicada, en las cuales tiempo celeste y tiempo terreno parecían ir al unísono.

MECÁNICA MÍSTICA

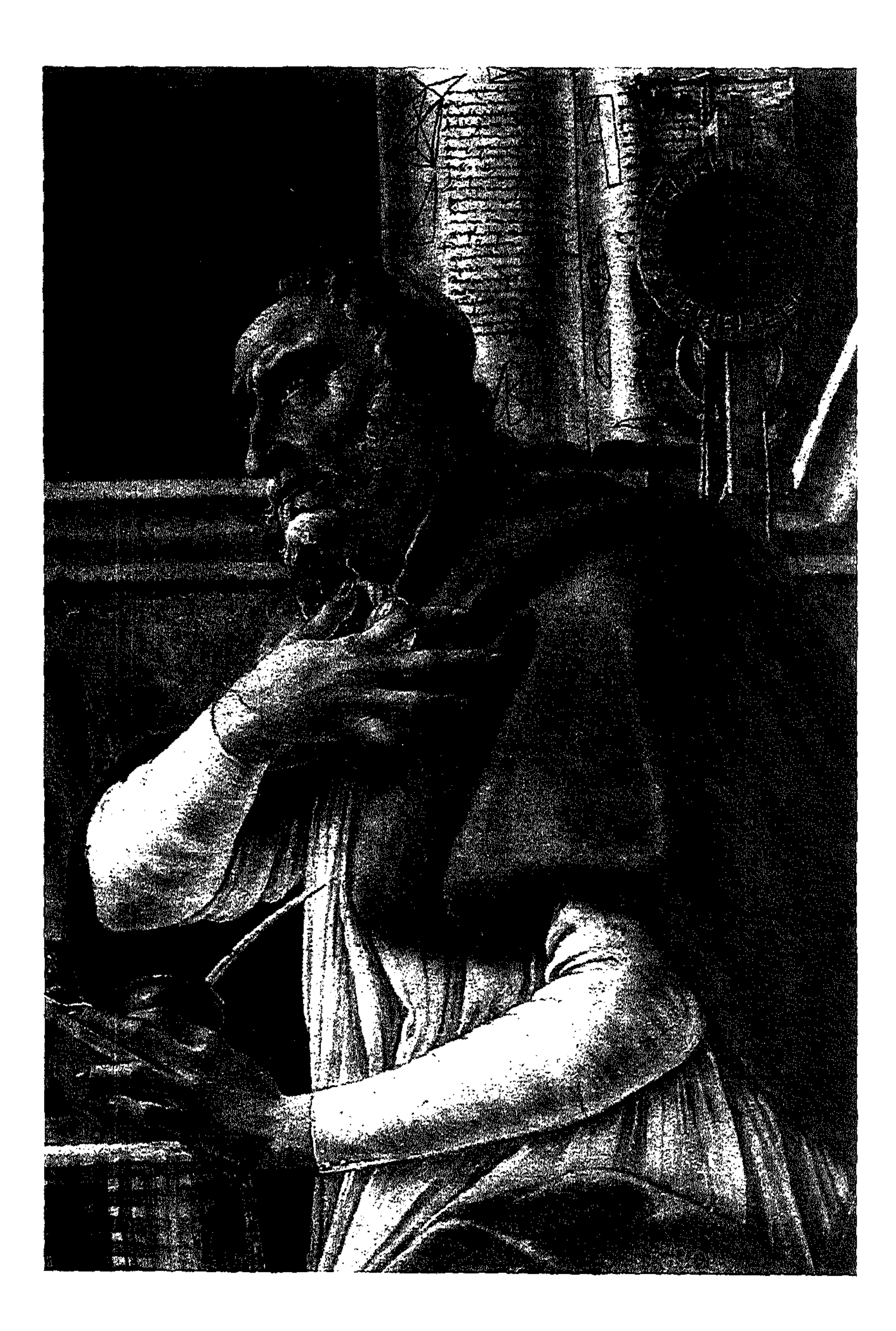
Hoy en día, casi todos identificamos el ordenador con sus programas aplicativos; del mismo modo, a los ojos de la mayoría, el reloj mecánico era su esfera o «muestra». En todas las ciudades de Europa, el reloj medieval exhibía públicamente una esfera astronómica y, a la vez, religiosa, cuya función de calendario estaba profundamente asociada a la de un teatro mecánico para representaciones sagradas.

Si el reloj se encontraba dentro de una catedral, la esfera tenía la estructura de un altar. En cambio, en las fachadas de iglesias o campanarios, este tenía el aspecto de una hornacina. En el centro de la esfera giraba el indicador de las horas en forma de rayo solar, o bien una serie de discos concéntricos que reproducían el movimiento del Sol alrededor de la Tierra y a lo largo de la franja del zodíaco, las fases de la Luna y, a veces, algunos movimientos de las esferas de los planetas. Marcar la hora era una función muy secundaria. La función principal de estas esferas astronómicas era cosmológica: reproducir el orden providencial del mundo, incluir al hom-



24. Miniatura del manuscrito *Horloge de Sapience* de Heinrich Seuse, ca. 1450. Bruselas, Bibliothèque Royale Albert Ier, ms. IV, f. 13*v*.
La Sabiduría, bajo el aspecto de la virtud de la Templanza, conversa con el autor de la traducción del *Horologium sapientiae* (ca. 1415). Las figuras están rodeadas de ocho instrumentos que indican el tiempo: a la izquierda, un gran reloj con esfera numérica que indica dos veces las doce horas. Sobre la tarima, un astrolabio, que se utilizaba para ajustar el reloj, y, encima, un carillón. A la derecha, colgados de la mesa, un reloj solar de torre y un cuarto de círculo. Sobre la mesa, un reloj de muelle y un cuadrante solar moderno, cuyo gnomon es paralelo al eje terrestre.

25. Sandro Botticelli, *San Agustín en su gabinete,* ca. 1480, detalle. Florencia, Iglesia de Ognissanti.
Aquí el reloj es un símbolo de autodisciplina y ascesis. El reloj mecánico que Botticelli pinta detrás de san Agustín posee un volante con corona y una esfera con las horas numeradas en sentido antihorario, y carece de indicaciones astronómicas. Esta imagen, con la que el pintor representa la distinción agustiniana entre el tiempo y el movimiento de los astros, reproduce la esfera de reloj que Paolo Uccello (1387-1475) pintó en Santa María del Fiore en 1443. Dicha esfera, decorada con las figuras de los Apóstoles y sin indicaciones astronómicas, fue la primera obra en la que la lectura de la hora tuvo un papel exclusivo. Aunque no aparece en la lámina, el fresco de Botticelli incluye una esfera armilar, símbolo de la astronomía, situada sobre la repisa del fondo.



bre y su libre albedrío en la estructura del gran universo creado por Dios «con medida, número y peso».

La parte astronómica de las esferas estaba rodeada o, con mayor frecuencia, coronada por la parte religiosa, formada por un teatro de autómatas que escenificaban momentos clave de la historia de la salvación: la Encarnación, con la estatua de la Virgen con el Niño; la procesión de los Reyes Magos o los Apóstoles; el Juicio Final, simbolizado por el sonido de la trompeta del ángel del Apocalipsis. Creación del universo, redención de la humanidad: estos eran los dos grandes principios que los relojes públicos medievales transmitían.

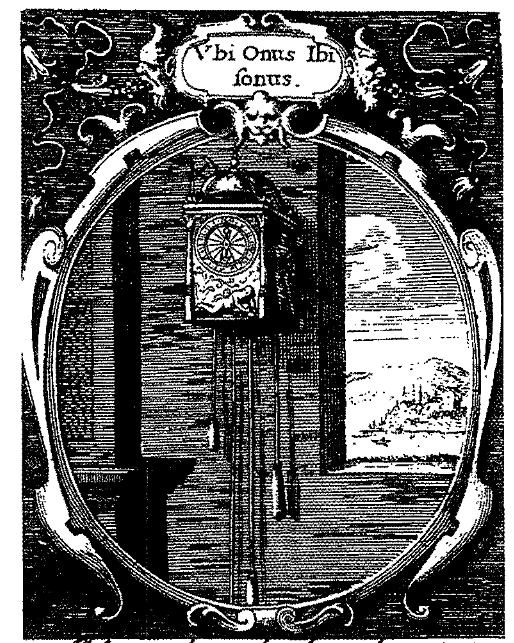
Las esferas en las que se entremezclan movimientos celestes y representaciones sagradas son una constante a lo largo del proceso de difusión de los relojes públicos, desde los primeros ejemplos que tenemos documentados, como el de la catedral de Norwich (1322-1325) y el del hospital Saint-Jacques de París (1324), hasta los casos más tardíos, como el de la catedral londinense de San Pablo (1544) o el de Montélimar (1557), pasando por las esferas que aún se conservan de los relojes de las catedrales de Salisbury (1386) y Wells, en el sudoeste de Inglaterra (ca. 1392), ambos encargados por el obispo Erghum de Brujas (fig. 27).

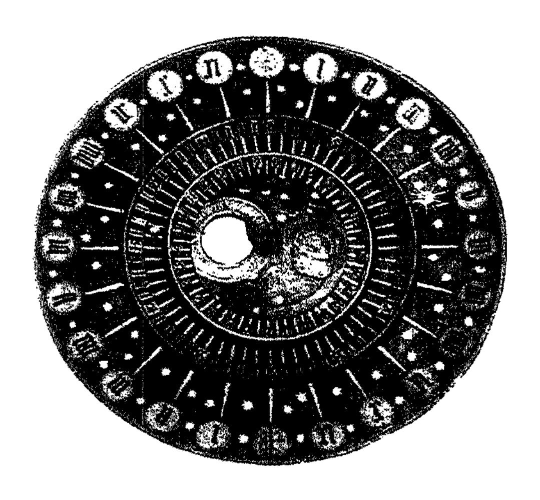
Gracias a los fondos públicos, a partir de la segunda mitad del siglo XIV se construyeron relojes de este tipo en todas las grandes ciudades, de Génova a Lübeck y de Berna a Uppsala. A lo largo del Renacimiento también se fabricaron relojes astronómicos en localidades menores, como Clusone, situada en el norte de Italia, cerca de Bergamo. En la torre del ayuntamiento de dicha localidad todavía puede verse una esfera realizada en 1583, poco después de la introducción del calendario gregoriano.[17]

Entre los ejemplos que han llegado hasta nuestros días, si bien con varias reestructuraciones, citamos el reloj público del Ayuntamiento de Praga, realizado en 1410 por el relojero Mikulás de Kadane y el matemático Jan Sindel. Este reloj poseía el clásico sistema de autómatas, con la procesión de los Apóstoles ante la Virgen con el Niño, y la Muerte, que tocaba la campana. Otro ejemplo famoso es el reloj público de la plaza de San Marcos de Venecia, muy simplificado durante las restauraciones de los siglos XVIII y XIX. En 1496, los maestros relojeros Giampaolo y Gian Carlo Ranieri fabricaron dicho reloj con dos esferas. La que mira hacia la

26. Peter Iselburg, *Emblemata politica in aula Curiae Noribergensis depicta*, Núremberg, Iselburg, 1617. Berlín, Staatsbibliothek

En la parte superior, se lee la leyenda «Donde hay peso, hay sonido». En la parte inferior, los versos en latín dicen así: «Mientras las pesas mueven con regularidad las ligeras ruedecillas, / el reloj divide el tiempo en partes con su sonido; / con hercúleo esfuerzo, la esmerada virtud mueve los ánimos decaídos, / y anuncia al mundo sus actos con un tañido». La función de un emblema era explicar la figura a través de unos versos. Aquí, la acción de las pesas al mover los engranajes del reloj, así como el tañido de las horas, equivalen a la capacidad de los actos virtuosos para levantar los ánimos y transmitir la virtud a los demás.





27. Cuadrante astronómico con coronas móviles del *horologium ferreum* de la catedral de Wells (Somerset, Inglaterra), ca. 1392, cuya esfera estelar incluye la doble serie de doce horas.

plaza, de más de cuatro metros de diámetro, tiene un autómata con dos moros que tocan la campana cada hora. Además de la habitual simbología de los Reyes Magos en procesión ante la Virgen, incluye las posiciones del Sol respecto al zodíaco, las fases lunares y las horas, divididas en veinticuatro a partir del ocaso.

Una vez más, nos preguntamos: ¿cómo se explica el éxito de estas máquinas en la cultura medieval? Los ingenieros griegos y chinos de la Antigüedad también sabían construir autómatas, calendarios con engranajes y grandes esferas armilares hidráulicas. Basta pensar en los artefactos de Ctesibio, o en el calendario metálico con engranajes que, a principios del siglo XX, se encontró en el mar, junto a la isla de Anticitera, entre Creta y el Peloponeso. Este mecanismo, fechado en el siglo I a. C., llegó a considerarse precursor del reloj mecánico, pese a que carecía de escape. En realidad, más que un precedente del *horologium* medieval, indicador de horas iguales, es un antecedente de los planetarios mecánicos del Renacimiento (Price, 1974). Joseph Needham también habló de precursor del reloj mecánico medieval al referirse a la esfera armilar que Su Sung, astrónomo y alto funcionario imperial, erigió, en el año 1090 de la era cristiana, en los jardines del palacio de Kaifeng, entonces capital del Imperio Celeste (Needham y Ling, 1965, pág. 545).

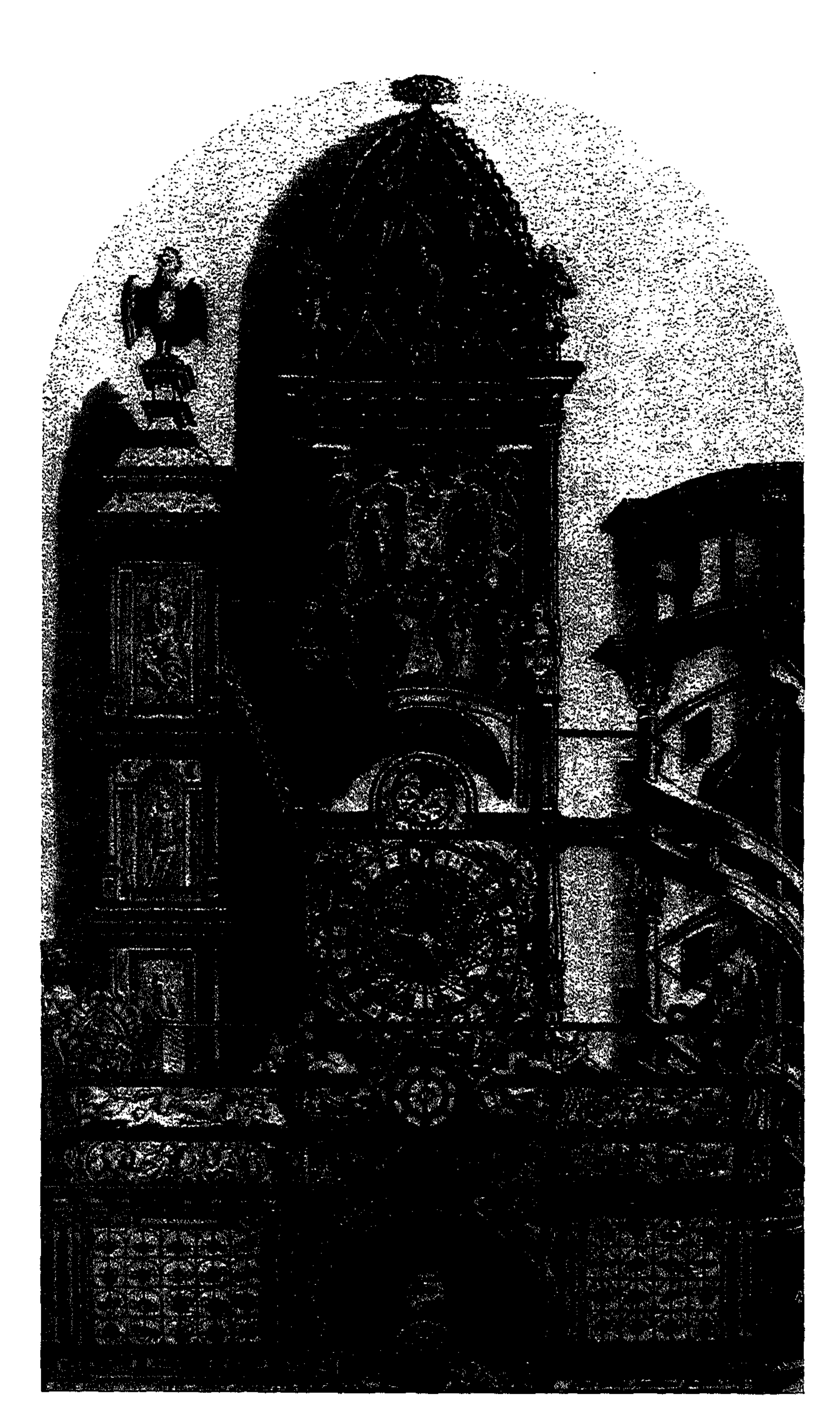
En este caso, no se trataba de restos arqueológicos, sino de un manuscrito conservado en la Biblioteca Nacional de Pekín, texto en el que Su Sung diseñó un observatorio astronómico, en forma de torre, destinado a perfeccionar el calendario. En su interior, gracias a métodos de transmisión en cadena muy avanzados, una rueda hidráulica vertical hacía girar una esfera armilar, un globo celeste con las constelaciones y una construcción de varios pisos en la que muchas figuras, asomadas al exterior, llevaban en sus manos campanillas, gongs y tablillas con las horas solares.

No había ninguna esfera horaria, sino un sofisticado sistema de escape con sifones que regulaba el flujo del agua en las palas de la rueda motriz. Por tanto, puede decirse que esta esfera armilar era una evolución de la clepsidra con engranajes, no un precedente del reloj de pesas medieval. Ello no se debía a carencias técnicas, sino al hecho de que la sociedad china no necesitaba reproducir o difundir la esfera armilar hidráulica de Su Sung. En China, los relojes mecánicos no se extendieron hasta el siglo XVII,

con la llegada de los misioneros jesuitas a la corte de Pekín. No obstante, la existencia, aunque muy escasa, de antiguos calendarios con engranajes en Grecia y China demuestra que, técnicamente, era posible construir relojes mecánicos, si bien se trataba de iniciativas sin porvenir. La técnica no evoluciona mediante la invención solitaria, sino a través de su recepción social y sus perspectivas de futuro. Así, frente a la discreción que rodeó tanto el mecanismo de Anticitera como la esfera de Su Sung, pensemos en el enorme impacto que, durante siglos, ejerció en el pensamiento europeo el reloj de la catedral de Estrasburgo, el astrolabio-altar más complejo, famoso y admirado de finales de la Edad Media.

Dicho reloj, restaurado en varias ocasiones a lo largo de los siglos, sigue erigiéndose hoy como ostensorio de la creación para celebrar la revelación cristiana. Construido a mediados del siglo XIV, su parte astronómica incluía un calendario de las fiestas movibles y un astrolabio con los movimientos anuales y diurnos del Sol, las fases de la Luna y los movimientos de los planetas. Sobre la parte astronómica se erigía, como era de rigor, la figura de la Virgen con el Niño, ante la cual, a mediodía, desfilaban en procesión las figuras mecánicas de los Reyes Magos al son del carillón. Otros mecanismos accionaban el autómata de un gallo que cantaba y batía las alas, mientras que la representación de la Muerte se alejaba a cada cuarto de hora de la figura de Jesucristo, cuyo autómata bendecía cada media hora a los doce Apóstoles que desfilaban ante él, los cuales simbolizaban la Iglesia (fig. 28). Este fantástico reloj de Estrasburgo, pese a la notable precisión de su funcionamiento, no fue concebido, en principio, para marcar la hora. Era, sobre todo, una máquina pensada para transmitir conocimientos y sentimientos edificantes. Su inmenso cuadrante astronómico era un auténtico libro abierto de la naturaleza creada, ese libro en el que, según los Salmos, «los cielos proclaman la gloria de Dios, el firmamento pregona la obra de sus manos».

A primera vista, esta función religiosa del reloj público, que consistía en unir el misterio de la creación (tiempo cósmico) y el misterio de la redención (tiempo humano), parece estar ausente en el famoso *Astrarium*, construido hacia 1380 por el médico y matemático veneciano Giovanni Dondi, una maravilla de la mecánica aplicada y el primero de una larga tradición de planetarios mecánicos de uso astrológico y médico. Tradición



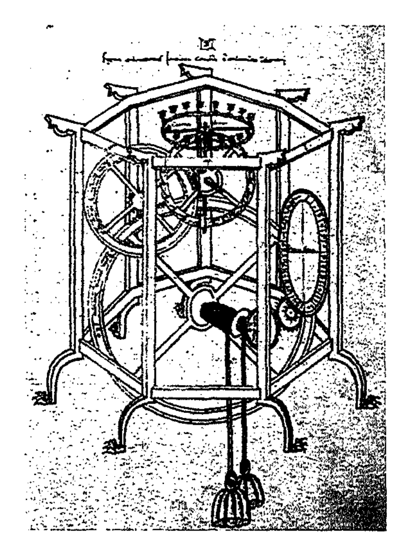
que, en los dos siglos sucesivos, verá implicados a grandes exponentes de la ciencia renacentista, como el astrónomo alemán Juan Regiomontano; el relojero florentino Lorenzo della Volpaia; Oronce Fine, primer titular de la cátedra de matemáticas del Collège Royal de París; o el arquitecto ítalo-español Juanelo Turriano (Brusa, 1994).

Algunas de estas máquinas fantásticas que reproducían los movimientos de los planetas han llegado hasta nuestros días, como el planetario en el que trabajó Oronce Fine, conservado en la Bibliothèque Sainte-Geneviève de París. De otras se han hecho reproducciones; tal es el caso del reloj de Lorenzo della Volpaia exhibido en el Museo di Storia della Scienza de Florencia. Pero, sin duda, el artefacto más reconstruido y expuesto en los museos modernos de historia de la ciencia es el *Planetarium* de Giovanni Dondi, cuya misteriosa desaparición contribuyó a hacerlo más fascinante. Comprado por Gian Galeazzo Visconti, duque de Milán, el *Planetarium* permaneció en la biblioteca del castillo de Pavía hasta principios del siglo XVI, momento en que se perdió su pista para siempre. No obstante, quedan tres dibujos originales del mismo, realizados por Dondi en su *Tractatus Astrarii* (fig. 29).

De estructura heptagonal, su mecanismo movía siete esferas, una por planeta. Cada esfera indicaba la posición efectiva de cada planeta, que dependía de lo que, según la astronomía geocéntrica de Ptolomeo, se consideraban las irregularidades de los movimientos planetarios. Eran detenciones y retrocesos tratados matemáticamente mediante la aplicación de excéntricas y epiciclos al movimiento de cada planeta. El gran logro del *Astrarium* consistía en la habilidad para reproducir teorías planetarias tan difíciles y complejas en el diseño y movimiento de sus engranajes. Así, por ejemplo, reproducía el movimiento elíptico de Venus mediante una rueda

28. Anónimo, *El reloj de la catedral de Estrasburgo*, grabado, ca. 1611. Londres, British Library.

Bajo la estatua de la Virgen con el Niño, ante la cual desfilaban los Reyes Magos a mediodía, vemos los autómatas de Jesucristo y de la Muerte. Más abajo, la esfera de las fiestas movibles de la liturgia cristiana y un astrolabio móvil, que indica las posiciones del Sol, la Luna y las horas. A la izquierda, el único elemento original que se conserva hoy: el autómata de un gallo que, a mediodía, cantaba batiendo las alas.



29. Giovanni Dondi, *Astrarium*, 1348-1364, en *Conficiendis Orologis Omnium Planetarum*, Eton, Eton College Library, ms. 172.

Alrededor de un mecanismo con engranajes en forma de epiciclos y excéntricas, vemos un planetario heptagonal que reproduce en esferas de corona móvil los movimientos del Sol, la Luna y los otros cinco planetas del cosmos medieval. Hijo del astrólogo Jacopo Dondi, Giovanni enseñó medicina en Padua (1359), Florencia (1368) y Pavía (1372); su planetario estaba expuesto en esta última ciudad.

cuyos dientes estaban distanciados entre sí en mayor o menor grado, o representaba la órbita de Mercurio con dos ruedas elípticas.

De los dibujos de Dondi se deduce que este presentaba su planetario como un sobrio diseño técnico sin referencias místicas, y que, a diferencia de lo que ocurría con los relojes públicos, sus múltiples esferas giratorias no estaban asociadas a símbolos o alegorías de carácter religioso. Lo cierto es que el *Astrarium* no era un reloj público, sino un modelo didáctico de astronomía matemática, y su autor lo concibió y realizó para demostrar a los filósofos universitarios de formación peripatética que el método ptolemaico, que consistía en calcular los movimientos de los planetas mediante epiciclos y excéntricas, era plausible:

> Con la ayuda de Dios, he planeado realizar una obra en la que puedan verse con los ojos todos los movimientos en longitud que los astrónomos asignan a los planetas, con sus círculos y períodos, y en la que puedan apreciarse todas las particularidades que estos poseen y que la experiencia atestigua, y en la que se vean a cada instante y sin esforzados cálculos las posiciones de todos los planetas [...]. Podemos afirmar que todo lo que el intelecto humano, guiado por Dios, ha construido de forma artesanal, con materiales muy ordina-

> rios, sin hallar inconvenientes ni imposibilidades, el Creador lo activó en el cielo de un modo aún más fácil y perfecto, con menos inconvenientes. [...] En cuanto a mí, me basta repetir lo que está escrito en los libros y puede verse en el cielo gracias a movimientos, ruedas y esferas realizados especialmente como modelos.[18]

Pese a que ya no existe, no podemos dejar de mencionar el reloj astronómico público erigido en 1451 en la plaza Maggiore de Bolonia, en la fachada del ayuntamiento (Palazzo Comunale degli Anziani). Fue el segundo reloj público construido en Italia, después del de Padua, y tenía especial relevancia porque Bolonia era la sede de la mayor universidad de la Iglesia. Entre los numerosos viajeros e intelectuales que visitaron la ciudad, y que observaron cómo reproducía dicho reloj los movimientos del universo, hallamos a un joven Nicolás Copérnico, quien llegó a Bolonia, procedente de Cracovia, en 1496, con el fin de proseguir sus estudios de astronomía y medicina; allí fue discípulo de Domenico Maria da Novara, profesor de matemáticas y astronomía en la Universidad de Bolonia.

El Consejo de Ancianos encargó un reloj a dos orfebres, Giovanni Evangelista da Piacenza y Bartolomeo di Gnudolo. La nueva máquina debía sustituir al reloj únicamente acústico que daba las horas desde lo alto de la torre del Capitano del Palazzo del Podestà, edificio situado en la misma plaza Maggiore. En 1444, construir un moderno reloj astronómico público en el edificio del ayuntamiento era también una forma de celebrar la libertad de la ciudad-estado, recuperada tras el fin de la tiranía de los Visconti. Con todo, la construcción del reloj se aplazó hasta 1451, quizá debido a las sangrientas luchas entre las familias Bentivoglio y Canetoli dentro del Consejo de Ancianos.

Las disposiciones originales de 1444 incluían un cuadrante con la muestra de las veinticuatro horas, y «uno o más radios para indicar las horas del día y de la noche ordenadamente, así como las fases de la Luna y sus revoluciones».[19] Sobre la esfera de la bóveda celeste estaba prevista, como era habitual, la parte religiosa del cuadrante, con estatuas pintadas de los cuatro evangelistas alrededor de la Virgen con el Niño, la clásica procesión de los Reyes Magos, escoltados por ángeles que tocaban címbalos y flautas, y el autómata del ángel del Apocalipsis, que, a determinadas horas, tocaba

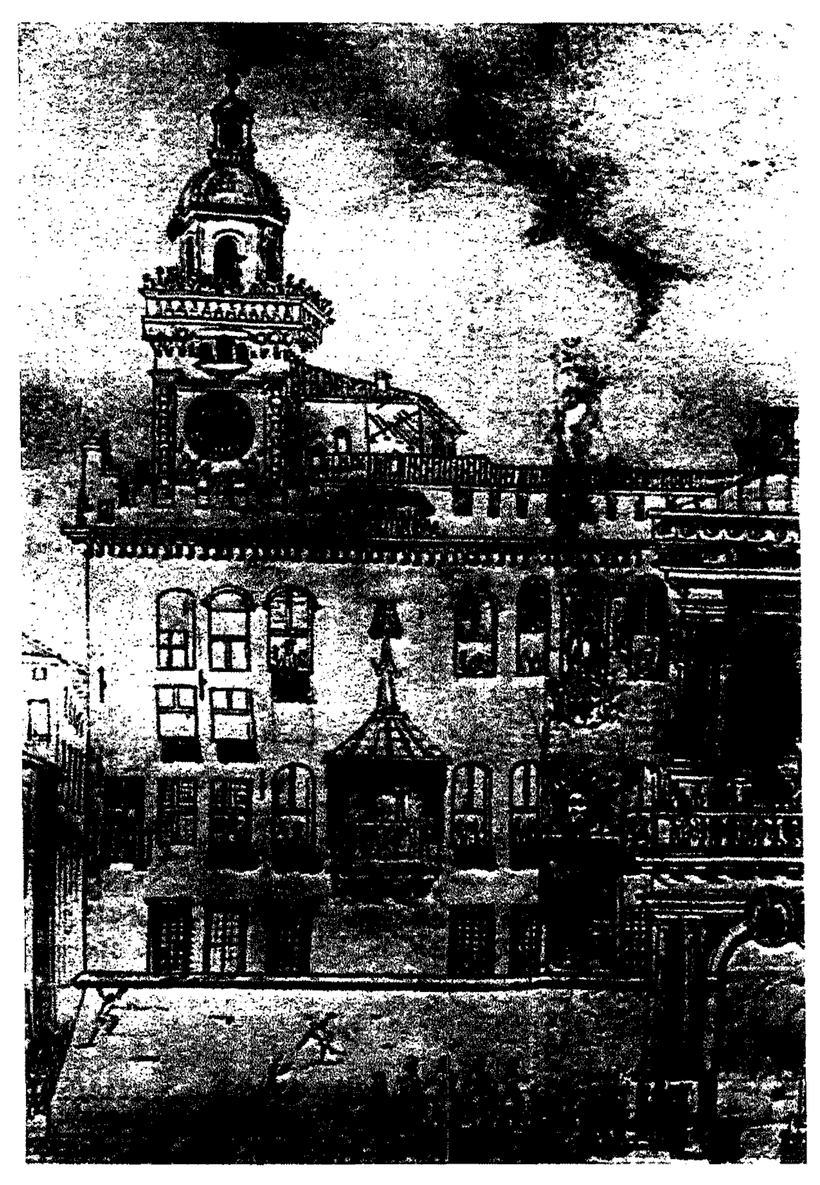
su lúgubre trompeta. Y, coronándolo todo, una estatua de Dios, la efigie del patrón de Bolonia y la de otro santo por designar:

> [...] las cuatro figuras de los Evangelistas, pintadas de colores buenos y finos y doradas, con dos estatuas o figuras pintadas de ángeles fijadas alrededor de la esfera y el radio [...]. Una estatua o imagen de la Virgen María con el Niño Jesús en su regazo, de cuatro pies y pintada como se ha dicho, y una imagen de ángel [...] pintada como se ha dicho pero móvil, esto es, que salga del otro lado del pasadizo y que, tocando la trompeta, camine delante de tres estatuas o figuras de los Reyes Magos de madera, doradas y pintadas, de tres pies de alto, que pasen ante la figura de la Virgen y entren a la torre por una portezuela. Y, en cuanto entren el ángel y los Reyes, la campana tocará las horas.
>
> Y, sobre la citada esfera y las cosas mencionadas, se pintará o esculpirá una bella figura o imagen de Dios Padre omnipotente, de finos colores, con rayos de oro, sobre la cual se hará una hornacina con tres figuras o imágenes de santos pintadas de buenos colores. Y sobre dicha hornacina, una estatua o figura del b[eato] Petronio y de otro santo elegido por los Señores Ancianos [...].[20]

Por increíble que parezca, cinco siglos después —en 1908— se encontraron algunos de estos autómatas de madera, junto a fragmentos del cuadrante, todo ello en relativo buen estado. El hallazgo se hizo en un lugar que constituye una verdadera mina para los historiadores: el desván del Archiginnasio, sede de la biblioteca municipal de Bolonia y, antaño, de la universidad. Así es como vieron la luz cuatro esculturas de madera, hoy expuestas en el museo que alberga las colecciones municipales del Palazzo d'Accursio. Las tallas conservadas están oscurecidas por el tiempo y por el incendio que hubo en la torre en 1492. Dichas figuras, que realizaron sus mecánicos giros en lo alto de la torre durante tres siglos (hasta la Revolución francesa), son el ángel con la trompeta, un jinete con la cabeza coronada y dos Reyes Magos (fig. 30).

TODO ES TEMPORAL

En el siglo XIV, durante los mismos años en que Estrasburgo exhibía ante los fieles esa especie de ostensorio cósmico que era el reloj astronómico de la catedral, el teólogo y matemático Nicolás Oresme (ca. 1320-1382), obis-



30. Torre del reloj del Ayuntamiento de Bolonia (Palazzo Comunale o d'Accursio), miniatura, en *Insigna*, 1627, Bolonia, Archivio di Stato.

po de Lisieux, en su tratado *Del cielo y del mundo*, meditaba sobre aquello que mantenía constantes los movimientos de las esferas celestes que transportaban los planetas. Dado que estas no hallaban resistencias, ¿qué les impedía girar cada vez más rápido tras el impulso inicial o *impetus* de su creación en los albores del universo? Era un problema de mecánica celeste. Según Oresme y otros físicos cristianos medievales, un cuerpo, una vez puesto en movimiento, proseguía indefinidamente su trayectoria por la fuerza del *impetus*, es decir, por una fuerza que, tras ser transmitida por propulsión a un cuerpo, seguía actuando sobre el mismo.

Así, la hipótesis de Oresme era que Dios, cuando creó los planetas, disponía de algo para frenar la aceleración indefinida de sus movimientos. Al enfocar de este modo la cuestión del movimiento constante de los planetas, Oresme comparaba la invención del escape de los relojes, que mantenía constante la velocidad de descenso del peso motor, y la bóveda celeste, creada por Dios en el Génesis, con los engranajes de un *horologium ferreum*, el cual empezaba a funcionar en cuanto las pesas podían bajar libremente. Para Oresme, el Dios del Génesis fue como «un hombre que construye un reloj y lo pone en movimiento dejando que se mueva por sí mismo, [de modo que] todas las ruedas se muevan lo más armoniosamente posible».[21]

La metáfora cristiana del Dios relojero ideada por Oresme marcaría profundamente el nacimiento de la ciencia occidental moderna. Sin embargo, no era más que una metáfora. En cambio, la idea de una relojería del universo, esto es, de la naturaleza como una máquina dotada de precisas relaciones de proporción y de equilibrios perfectos, era una hipótesis operativa muy concreta. En primer lugar, dicha hipótesis excluía por completo de la inteligibilidad de los movimientos de los astros cualquier noción animista, y también cualquier intervención de fuerzas ocultas. En segundo término, un universo-reloj implicaba que los movimientos observables en los cielos podían deberse a causas físicas, análogas a las causas que actuaban sobre las máquinas construidas por el hombre. La divina máquina del mundo y el reloj de construcción humana se reflejaban la una en el otro, y ambos podían calcularse en términos de medidas, proporciones y fuerzas. Ello inauguraba una ciencia de la naturaleza basada enteramente en la mecánica, es decir, en el estudio del movimiento y las máqui-

nas. Leamos, por ejemplo, cómo concluye Descartes (1596-1650) su mayor obra de filosofía natural, los *Principios de la filosofía* (1644):

> No reconozco ninguna diferencia entre las máquinas que hacen los artesanos y los diferentes cuerpos que compone la naturaleza, como no sea que los efectos de las máquinas no dependen de la combinación de ciertos tubos, muelles u otros instrumentos, los cuales, debiendo guardar cierta proporción con las manos de quienes los hacen, siempre son tan grandes que sus figuras y movimientos pueden verse, mientras que los tubos o muelles que causan los efectos de los cuerpos naturales suelen ser demasiado pequeños para que nuestros sentidos puedan percibirlos. [...] Por ejemplo, cuando un reloj marca las horas por medio de las ruedas de las que está hecho, ello no es menos natural de lo que es para un árbol producir sus frutos. [...]
>
> Al igual que un relojero habilidoso puede hacer dos relojes que marquen la hora del mismo modo, y entre los cuales no existan diferencias en la apariencia exterior, y que, sin embargo, nada tengan en común en la composición de sus mecanismos, de igual forma es cierto que Dios posee infinidad de medios distintos, con los cuales puede hacer que las cosas de este mundo parezcan tal y como ahora aparecen, sin que el espíritu humano pueda discernir cuál de todos estos medios ha querido emplear para hacerlas.[22]

Un nuevo ejemplo del papel cognitivo fundamental que desempeña la imagen del universo-reloj de Oresme se halla en otro de los mayores promotores de la filosofía experimental del siglo xvii: Robert Boyle (1627-1691). Este, al igual que Galileo y Descartes, consideraba todos los fenómenos de la naturaleza como efectos producidos por el movimiento y la interacción invisibles de unos corpúsculos microscópicos, a los que había que imaginar dotados de forma, dimensiones y movimientos. Un pulular de acciones, estructuras y mecanismos a escala corpuscular que, según la ciencia cristiana de Boyle, Dios había puesto en movimiento. Y es que Boyle, lo mismo que todos los promotores de la ciencia cristiana moderna (Copérnico, Kepler, Galileo, Descartes), entendía el universo en clave creacionista, y no concebía la física como una combinación de formas sustanciales y cualidades sensibles, sino como el estudio del origen y la generación de los fenómenos.

Boyle, al igual que los demás pioneros de la ciencia que acabamos de citar, es autor de una tesis sobre la creación divina del universo. Según su

teoría, publicada en 1663, dentro de su gran obra *The Usefulness of the Experimental Natural Philosophy*, el Dios cristiano, como el demiurgo platónico del *Timeo*, plasmó la materia primigenia en diferentes formas, para luego articularlas entre sí como mecanismos de engranajes y dispositivos que obedecen a las divinas leyes mecánicas de la creación.

Para explicar cómo se mantenían las leyes de la creación en los invisibles mecanismos corpusculares sometidos a los fenómenos, Boyle hizo suya la metáfora del universo-reloj de Oresme, solo que, en vez de referirse a cualquier reloj astronómico público, aludía al de Estrasburgo:

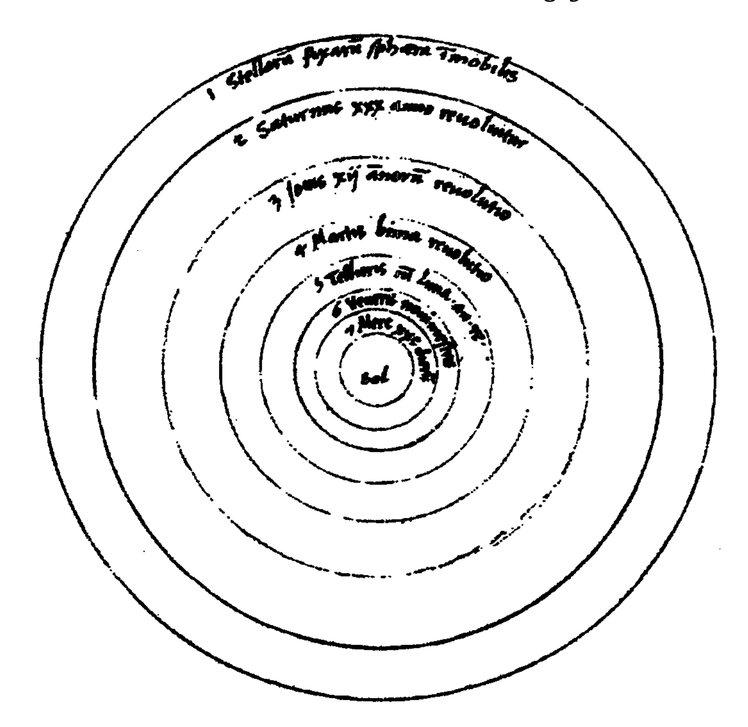
> Podemos concebir sin absurdidad que Dios, del que las Sagradas Escrituras afirman que conoce todas sus obras desde el principio, habiendo decidido en la Creación hacer el mundo tal como lo vemos, dividió la materia en una innumerable multitud de corpúsculos de variado aspecto, y unió dichas partículas en configuraciones determinadas o cuerpos concretos, y las puso en determinadas posiciones y movimientos, de tal manera que, con la ayuda de su ordinaria aportación conservadora, los fenómenos que Dios deseaba que apareciesen en el universo tuvieran que desarrollarse como sucede ordinariamente. [...] Al igual que en el reloj de Estrasburgo, las distintas partes de esta máquina singular fueron modeladas, adaptadas y puestas en funcionamiento de forma que, aunque sus múltiples ruedas y partes se muevan sin conciencia o intención (*knowledge or design*), ninguna de ellas lleva a cabo su cometido con fines distintos a aquellos para los que ha sido hecha de modo regular e uniforme, como si supiese y comprendiera su propia función; y los distintos movimientos de las otras partes contribuyen a mostrar los fenómenos planeados por el artífice de la máquina, exactamente igual que si los animara un principio que los hiciese cooperar entre sí intencionalmente.[23]

Resumiendo: la física cristiana moderna de Galileo, Descartes y Boyle veía los fenómenos naturales como un efecto de los sistemas a escala corpuscular que Dios incluyó en su creación del universo, los cuales eran idénticos a los mecanismos artificiales que conferían movimiento y regularidad a los relojes modernos.

Así pues, no debe sorprendernos que, en esta visión del mundo como providencial artificio mecánico, el tiempo tuviera reservado un papel fundamental tanto en cosmología, esto es, en el estudio del origen y la estruc-

tura del universo, como en mecánica, es decir, en el estudio de las leyes del movimiento.

En cosmología, el primero en otorgar al tiempo la función de parámetro fundamental fue Copérnico, cuya astronomía determinaba el orden del sistema solar basándose en el tiempo de revolución de cada planeta. Ello se ve muy claramente en su dibujo a compás del cosmos, en el cual la línea correspondiente a cada esfera planetaria va acompañada de una leyenda que indica la duración de la órbita del planeta en torno al Sol. El tiempo de revolución de un planeta, directamente proporcional a su distancia, determina de forma inequívoca su posición, según un orden del universo matemáticamente exacto e inmodificable (fig. 31).



31. *El orden de los planetas*, dibujo a compás, ejemplar manuscrito de *De revolutionibus* de Nicolás Copérnico. Cracovia, Bibliotheca Jagellonica.
La ausencia de la órbita de la Luna, que se añadió después en la imagen impresa, indica la importancia que tenía para Copérnico el ideal de simetría concéntrica del cosmos.

Al presentarle al papa Paulo III su obra *De revolutionibus*, Copérnico afirmó que se había dedicado a reformar la astronomía debido a la incapacidad del sistema ptolemaico para explicar la perfecta circularidad de las órbitas planetarias y de la simetría cósmica entre espacio y tiempo, esto es, entre la posición de los planetas y la duración de su giro alrededor del Sol: «Me indignó el hecho de que los filósofos, pese a haber escrutado con detenimiento las cosas mínimas de este mundo, no conocieran ningún cálculo seguro de los movimientos de la máquina del mundo (*machinae mundi*), creada para nosotros por el mejor y más perfecto artífice».[24]

Para conocer la verdadera estructura del cosmos, la primera condición que debía cumplirse era respetar «la forma del mundo y la indudable simetría de sus partes». La belleza del universo, como enseñaba el *Timeo* de Platón, residía en la uniformidad de una forma concéntrica con un mismo movimiento circular. En cambio, el método ptolemaico de calcular los movimientos de los planetas mediante epiciclos y excéntricas implicaba desfigurar la simetría del universo, del mismo modo que, si pintáramos una figura mezclando miembros tomados de varios retratos, obtendríamos una imagen deforme: «Como un artista que extrae de distintos lugares manos, pies, cabeza y otros miembros, todos muy bellos, pero que no se han formado para un mismo cuerpo, que no encajan; y con ellos, más que un hombre, compone un monstruo».[25] Aquí Copérnico hablaba de pintura y escultura, no de relojes. No obstante, su idea de fondo acerca del orden cósmico se inspiraba en el tema cristiano del reloj-universo.

En 1540, su discípulo Rheticus (Georg Joachim von Lauchen, 1514-1574) divulgó los puntos principales y las líneas generales de la hipótesis heliocéntrica en su obra *De Libris revolutionum Copernici narratio prima*. El autor, para explicar cuán importante era respetar la sencillez con la que siempre obra la naturaleza, afirmaba que, así como los constructores de relojes preferían utilizar, siempre que fuese posible, un solo engranaje en vez de muchos, así Copérnico, gracias únicamente al movimiento de la Tierra, había eliminado los diversos movimientos aparentes que se atribuían a los planetas:

> Puesto que vemos que este movimiento de la Tierra, por sí solo, explica fenómenos casi infinitos, ¿por qué no habríamos de atribuir a Dios, creador de la

> naturaleza, la habilidad que observamos en los comunes artífices de relojes? Estos ponen sumo cuidado en no colocar dentro del instrumento ninguna pieza que resulte superflua, o que pueda sustituirse por otra que se ajuste mejor con un pequeño cambio de posición.[26]

Si los planetas se mueven a igual velocidad, cuanto mayor sea la duración de la revolución de un planeta, mayor será el tamaño de su órbita y, por tanto, este se hallará más distanciado del centro. La «admirable simetría del cosmos» que buscaba Copérnico residía en esta simple proporción, que asignaba a cada planeta un lugar preciso en la estructura cósmica. En el cosmos, al igual que en un reloj, «ninguna parte puede moverse sin que ello suponga un trastorno para las otras partes y para su totalidad».[27]

Orden preestablecido del mundo, uniformidad de movimientos celestes en dirección aparentemente contraria, al igual que en los engranajes. La mayor aportación del uso del reloj mecánico era de tipo cognitivo. La naturaleza era una máquina que un Dios arquitecto había creado artificialmente con medida, número y peso. Ahora bien, en el cielo no había pesos ni muelles: entonces ¿qué hacía girar los planetas?

Si Copérnico fue el primero en enunciar la regla matemática del orden de sucesión de las esferas planetarias con respecto al tiempo, el gran astrónomo luterano danés Tycho Brahe (1546-1601) fue el primero en demostrar lo que se afirmaba en la Biblia acerca de la transitoriedad de todo, es decir, acerca de que, en el universo, nada fue creado para existir eternamente, ni siquiera las estrellas. Datos en mano, Brahe, en su libro *De nova et nullius aevi memoria prius visa Stella* (1573) —treinta años posterior al *De revolutionibus* de Copérnico—, demostró que la nueva luz avistada en la constelación de Casiopea en noviembre de 1572 no era un meteorito, sino un verdadero astro perteneciente a la esfera del firmamento. Era un cuerpo celeste, aunque, a simple vista, cambiase de color mes a mes, y su brillantez inicial fuera transformándose en una luz cada vez más tenue. Así como una luminosa llama terrestre que, tras encenderse, empieza a bajar y languidecer, así fue consumiéndose la nueva estrella en los dos años siguientes a su inquietante aparición, y, a principios de 1574, se apagó para siempre.

Se trataba de una de esas estrellas efímeras que hoy denominamos «supernovas». No obstante, en el Renacimiento, imaginar un objeto celeste

nuevo, que se había generado de repente en el cielo, era un contrasentido, y hablar de un astro consumido también era un oxímoron, lo mismo que decir que una llama pesaba.

Lo cierto es que Tycho Brahe, mientras intentaba medir la distancia que había entre la Tierra y esa siniestra y cambiante luz mediante su ángulo de paralaje (menor cuanto más alejada se encontraba dicha luz), comprobó que esta no presentaba paralaje, lo cual, geométricamente, demostraba que, fuera lo que fuese, esa «estrella nueva» no era un meteorito de la esfera sublunar, sino un fenómeno celeste situado en la esfera del firmamento.

Lo más curioso es que fuera la primera vez en la historia que se observaba una supernova, habida cuenta de que el método de la paralaje se conocía desde siempre, y de que aquella no debía ser la primera estrella visible de ese tipo. Probablemente, los astrónomos de la Antigüedad nunca vieron una supernova porque no concebían que, en la esfera estelar, incorruptible por definición, pudieran tener lugar fenómenos de generación y corrupción como los que se daban cotidianamente en la Tierra.

La idea de perfección de las esferas celestes recibió otro duro golpe: Tycho Brahe comprobó que las luces efímeras llamadas «cometas» también eran objetos estelares; su paralaje, menor que la de la Luna, demostraba que no eran meteoritos ni juegos de luz producidos por vapores terrestres en la región más alta del aire, sino cuerpos de la esfera supralunar celeste que pasaban entre los planetas. Eran astros, objetos celestes que mostraban trayectorias irreconocibles, aparentemente rectilíneas y no circulares. Además, dado que los cometas pasaban entre los planetas, o bien nunca habían existido invisibles esferas sólidas planetarias, o bien los cometas las habían fragmentado para siempre.

A nosotros nos interesa detenernos, sobre todo, en la negación de la circularidad de los objetos de la región celeste. Una vez caída en descrédito esta cualidad de los astros, nada quedó de las antiguas concepciones paganas sobre el carácter cíclico del tiempo. El nuevo cosmos de finales del Renacimiento, privado de sus esferas etéreas y habitado por estrellas temporales y trayectorias sin retorno, reforzaba la imagen de una transitoriedad a escala universal, no ya solo limitada a la condición mortal de la vida terrena. Pese a Aristóteles, en los cielos tampoco había nada eterno.

Es bien sabido que, tras la ley copernicana del orden de los planetas, quien formuló una segunda ley temporal de la regularidad del cosmos fue Johannes Kepler (1571-1630). Este calculó la órbita de Marte basándose en los datos recogidos por su maestro Brahe, y aun siendo un ferviente seguidor de la verdad astronómica copernicana, tuvo que reconocer que ni siquiera los planetas giraban con perfección platónica, esto es, con movimientos circulares y a velocidad siempre igual. Los planetas orbitaban en torno al Sol describiendo revoluciones ovales en forma de elipse. Esta, por lo menos, seguía siendo una curva regular, perteneciente a la familia de las cónicas exploradas por Apolonio, lo cual, en parte, podía consolar a Kepler de la circularidad perdida. Así, aunque las velocidades de los planetas no eran uniformes, denotaban una regularidad a la altura del Dios que todo lo hace geométricamente, idea en la que se basaba la astronomía de Kepler. Dichas velocidades eran más lentas cuando un planeta recorría la parte de su propia órbita más alejada del Sol, y más rápidas cuando se hallaba cerca del perihelio, esto es, a poca distancia del Sol. Si era cierto que los planetas cambiaban de velocidad, lo hacían con regularidad, con una periodicidad constante. Según la nueva regla proporcional del sistema solar enunciada por Kepler, el rayo que unía cada planeta con el Sol describía en tiempos iguales superficies iguales.

Con esta ley, que luego dio en llamarse «segunda ley de Kepler», triunfaba el modelo cosmológico del universo-reloj cuyos primeros pasos hemos seguido en la Edad Media. Todos los planetas efectuaban movimientos regulares, lo mismo que las ruedas de los relojes. Los rodajes de los relojes giraban gracias a la fuerza del peso motor, que descendía libremente hacia abajo, pero ¿qué hacía mover más o menos rápidamente los planetas respecto a su distancia del Sol?

Según Kepler, el alma motriz del Sol hacía girar los planetas, transportándolos como en un tiovivo gracias a sus rayos de luz. Lo que movía los planetas era la fuerza del magnetismo emitido por el centro solar, ya que el Sol giraba alrededor de su eje y, mediante sus emisiones magnéticas, arrastraba los planetas a mayor o menor velocidad, en proporción a su distancia del centro. En 1605, Kepler, al anunciar esta dinámica celeste —publicada más tarde en su tratado *Nueva astronomía* (1609)—, insistía

en la gran función heurística que tuvo para él, lo mismo que para Copérnico, la hipótesis del universo-reloj a la hora de

> demostrar que la máquina celeste no es un organismo divino, sino más bien un reloj, [...] pues todas las variedades de movimiento se transportan mediante una única y simple fuerza magnética del cuerpo solar, al igual que, en un reloj, todos los movimientos nacen de un simple peso.[28]

Una sola causa inicial capaz de generar armoniosamente los innumerables movimientos y fenómenos de la naturaleza. Este era el principio metafísico de simplicidad y economía de la naturaleza que simbolizaba el reloj mecánico de pesas. Dicho principio de economía también fue el ideal de la nueva física cósmica con la que Galileo se situó al nivel de Kepler.

ISOCRONISMO PERFECTO

Católico como Copérnico, Galileo quiso presentarse como su único y auténtico sucesor y, en cierto sentido, tenía razón. En primer lugar, porque siempre se mantuvo fiel al presupuesto básico de la astronomía copernicana sobre la forma perfecta, es decir, sobre el carácter concéntrico de un universo de revoluciones circulares, rechazando de lleno las nuevas leyes keplerianas acerca de las órbitas elípticas. En segundo término, porque Galileo adoptó y demostró en términos de mecánica celeste otro fundamento teórico del sistema heliocéntrico: su simetría, basada en la ley proporcional entre la posición de los planetas y sus tiempos de revolución.

Pero sigamos un orden y empecemos recordando que Galileo, antes de hacerse famoso como astrónomo gracias a las novedades celestes de su telescopio, fue conocido como hábil inventor de instrumentos matemáticos. A finales del siglo XVI, siendo profesor de matemáticas en la Universidad de Padua, adquirió fama tras inventar una regla de cálculo que vendió con éxito, cuyo nombre resaltaba su flexibilidad de uso: «Compás geométrico y militar». Galileo también se dedicó a intentar perfeccionar el reloj mecánico, con vistas a convertirlo en el instrumento matemático de precisión que astrónomos, cartógrafos y navegantes solicitaban cada vez más. Un ins-

trumento que midiese la hora con exactitud permitiría calcular la longitud en el mar, una cuestión que, a finales del siglo XVI, constituía el problema tecnológico del momento; tanto es así que el rey de España llegó a ofrecer un premio a quien diera con la solución al mismo.

Hasta entonces, los navegantes calculaban la posición mediante observaciones sobre el rumbo y medidas de la velocidad del barco, basadas en el tiempo que tardaba una barquilla lanzada a proa en alcanzar la popa de la embarcación. En teoría, calcular la longitud con relojes de precisión debería haber sido algo sencillo y del dominio público desde 1530, momento en que el astrónomo holandés Gemma Frisius (1508-1555) difundió el método para deducir la longitud a partir de las diferencias horarias.[29]

Para saber cuántos grados al este o al oeste de un determinado lugar de referencia se encontraba un barco, bastaba guiarse por el movimiento aparente del Sol en torno a la Tierra: una hora solar equivalía a un movimiento de quince grados. Luego, solo había que comparar el horario local de un evento celeste, por ejemplo, un eclipse, con la hora en la cual se observaba dicho evento en un lugar de referencia cuya longitud se conocía, o bien comparar el horario local del barco con la hora del lugar de referencia, que a bordo se conocía gracias a un reloj mecánico. El problema era que, en la práctica, no resultaba nada sencillo construir un reloj lo bastante preciso para que funcionara bien dentro de una embarcación, sobre todo durante travesías largas, sometidas a fuertes contrastes térmicos.

La cuestión del cálculo de la longitud coincidió con las investigaciones teóricas de Galileo sobre las leyes del movimiento, y lo indujo a estudiar la oscilación de los péndulos y a aplicarla como reguladora del movimiento del reloj. El péndulo debía su origen a un instrumento científico que se empleaba desde la Antigüedad en forma de plomada, utilizado en las profesiones matemáticas de la arquitectura y la astronomía como principal herramienta para indicar con precisión la vertical. Los médicos también utilizaban la oscilación rítmica hacia adelante y hacia atrás de la plomada antes de estabilizarse, es decir, el movimiento del péndulo, y lo hacían para evaluar el estado de salud y para calcular, gracias a la mayor o menor frecuencia del pulso, con cuánta regularidad la sangre —según la teoría galénica de la respiración— aportaba al corazón el espíritu vital del aire expulsando los vapores a través de los pulmones.

El interés de Galileo por los péndulos se debía a que, en sus investigaciones sobre física, las propiedades matemáticas del movimiento natural de caída de los cuerpos siempre fueron uno de sus principales objetivos. Era bien sabido que un cuerpo, al caer libremente, aceleraba. La física aristotélica explicaba este aumento espontáneo de la velocidad mediante la propensión, cada vez más fuerte, de los cuerpos pesados a llegar al suelo, que era su lugar natural; o bien porque, cuanto más bajaba el cuerpo, menor era la cantidad de aire interpuesto y, por tanto, menor era la resistencia que el aire oponía a la velocidad de caída. Pero ¿cómo se producía esta generación natural de velocidad, y en qué proporción?

Los péndulos eran un caso aparte en la aceleración de caída de los cuerpos, pues, a causa del hilo, caían describiendo un arco de circunferencia. A partir de 1602, Galileo aseguró haber encontrado algo matemáticamente regular en el movimiento rítmico con el que un péndulo de este tipo oscilaba describiendo arcos de circunferencia. Observó que, independientemente de la amplitud de los arcos recorridos, el péndulo oscilaba en tiempos iguales: «Y andando siempre por la misma circunferencia, se verá que sus vibraciones grandes, medianas, pequeñas y pequeñísimas se hacen siempre en tiempos iguales».[30] Amplias y rápidas, o breves y lentas, las oscilaciones de un péndulo duraban siempre lo mismo, eran isócronas. El tiempo de oscilación solo dependía de la longitud del hilo. Y las duraciones de oscilación de dos péndulos de longitudes distintas eran proporcionales a las raíces cuadradas de las longitudes de los hilos.[31]

Por primera vez, Galileo había descubierto una regla matemática que formaba parte de un fenómeno de física terrestre. Siguiendo los antiguos pasos de Arquímedes en las leyes matemáticas del equilibrio, expuso una ley de proporcionalidad, gracias a la cual el movimiento hacia adelante y hacia atrás de la plomada, un humilde instrumento terrestre para albañiles y astrónomos, adquirió una regularidad geométrica que, hasta entonces, solo se había atribuido a los movimientos celestes.

Entre finales del siglo XVI y principios del XVII, Galileo obtuvo una serie de resultados sobre la regla matemática a la que obedecía la aceleración de la velocidad de los cuerpos en caída libre. En 1610 renunció a publicar tales resultados, debido a los inesperados y sorprendentes descubrimientos astronómicos que le proporcionó el perfeccionamiento de otro instrumento:

el telescopio. A partir de ese momento, y durante al menos veinte años, Galileo se dedicó casi exclusivamente a las cuestiones cosmológicas. Solo en sus últimos años, concretamente en 1637, comunicó al gobierno de las Provincias Unidas de Holanda un proyecto de reloj de escape con péndulo, un contador de oscilaciones registradas en un disco, que avanzaba delicadamente a cada vaivén gracias a un hilo conectado al péndulo: «Luego el hilo debe golpear los dientes de una rueda ligera como el papel, la cual debe colocarse en el plano horizontal, cerca del péndulo». En cuanto al péndulo, Galileo lo diseñó en forma de sector de círculo «de doce o quince grados, cuyo semidiámetro sea de dos o tres palmos [...], más fino en los extremos, donde terminará en una línea muy cortante para evitar tanto como se pueda el impedimento del aire, que lo va retrasando».[32]

Galileo escribió que se trataba de un instrumento de precisión «para las puntualísimas observaciones astronómicas»:

> Mi medidor de tiempo es tan preciso que no solo nos dará la cantidad exacta de horas y minutos primeros y segundos, e incluso terceros, si su frecuencia fuese numerable; y es tan exacto que, al fabricar dos, cuatro o seis instrumentos de esta clase, andarán tan exactos entre ellos que unos no diferirán de otros ni por una pulsación de muñeca, y no solo en una hora, sino tampoco en un día ni un mes.[33]

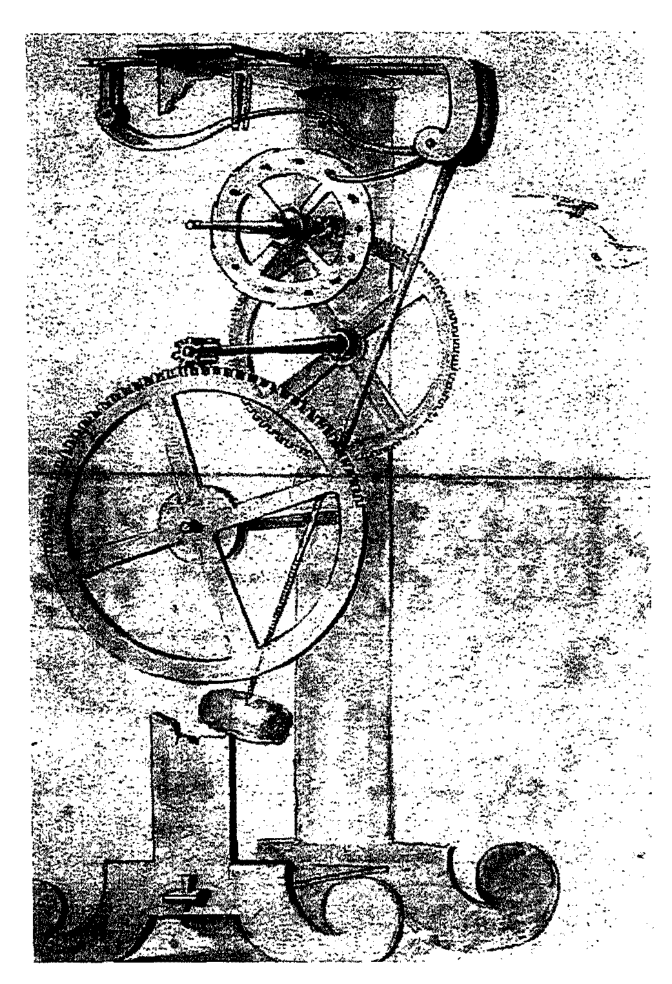
Como hemos dicho, por aquel entonces, conocer la longitud —lo que ahora se hace con un GPS— equivalía a medir la diferencia entre la hora local del punto del que se deseaba saber la posición y la hora del lugar de referencia. También hemos dicho que la dificultad residía en la poca fiabilidad del funcionamiento de los relojes a bordo de una embarcación. La idea de Galileo era utilizar un referente celeste: las apariciones y ocultaciones de los satélites de Júpiter, que él mismo había descubierto treinta años antes. Así, por ejemplo, un navegante que quisiera saber la hora de Florencia, podía observar con el telescopio cómo aparecían o se eclipsaban dichos satélites y leer en tablas astronómicas la hora en que dichos fenómenos se observaban en Florencia. El problema era que observar los satélites de Júpiter implicaba utilizar un telescopio, lo cual limitaba las mediciones de la longitud únicamente a lo largo de las costas, tanto desde la tierra como

desde una embarcación amarrada en aguas tranquilas. Para facilitar el uso náutico del telescopio astronómico, Galileo propuso su *celatone*, una especie de visera que se colocaba en la cabeza y a la cual se fijaba un telescopio. Y es que una cosa era imaginar que se observaban los satélites de Júpiter desde un barco y otra muy distinta era conseguirlo.

Según su discípulo Vincenzo Viviani, a quien se atribuye un dibujo, realizado hacia 1659, del escape con péndulo ideado por Galileo, dicho instrumento consistía en una rueda dentada, con dos palancas que se accionaban mediante el movimiento hacia adelante y hacia atrás de un péndulo; una de ellas bloqueaba la rueda, la otra la liberaba y recibía un impulso que transmitía al péndulo, manteniéndolo en movimiento (fig. 32). La innovación no quedó en el papel; en 1667, bajo la supervisión de Viviani, este tipo de regulación se aplicó al reloj público de la Torre di Arnolfo del Palazzo Vecchio de Florencia, obra del relojero bávaro Georg Lederle. Sin embargo, aún no se trataba de un reloj de péndulo de precisión, ni del primer reloj de péndulo que se construyó (Bedini, 1991).

En 1657, el matemático y filósofo Christiaan Huygens (1629-1695), gracias a la ayuda del relojero holandés Salomon Coster, realizó el primer reloj regulado por un péndulo. Huygens lo describió en su breve libro *Horologium* (1658), al cual siguió, tras nuevos descubrimientos y aplicaciones, el tratado *Horologium oscillatorium* (1673), del cual se deduce que el autor proyectó el primer instrumento de precisión de la historia para medir el tiempo: un reloj cuyo movimiento se regulaba mediante las leyes del isocronismo de las oscilaciones pendulares. No se trataba, pues, de un simple reloj construido con pericia artesanal para marcar horas más o menos iguales entre sí, sino de un auténtico «cronómetro», esto es, de un instrumento ideado científicamente para efectuar movimientos idénticos entre sí, y para indicar duraciones iguales. Nos hallamos ante lo que Alexandre Koyré, en una gran obra suya, define como el paso del mundo de lo aproximado al universo de la precisión (Koyré, 1970).

La *pars destruens* del invento de Huygens fue que puso de manifiesto la inexactitud de la ley de Galileo acerca del isocronismo de un péndulo simple que describe un arco de circunferencia. Un péndulo simple no oscilaba en tiempos iguales: «funependuli vibrationes non esse isochronas», escribió el padre Mersenne en sus *Reflectiones physico-mathematicae* (1647). Huygens



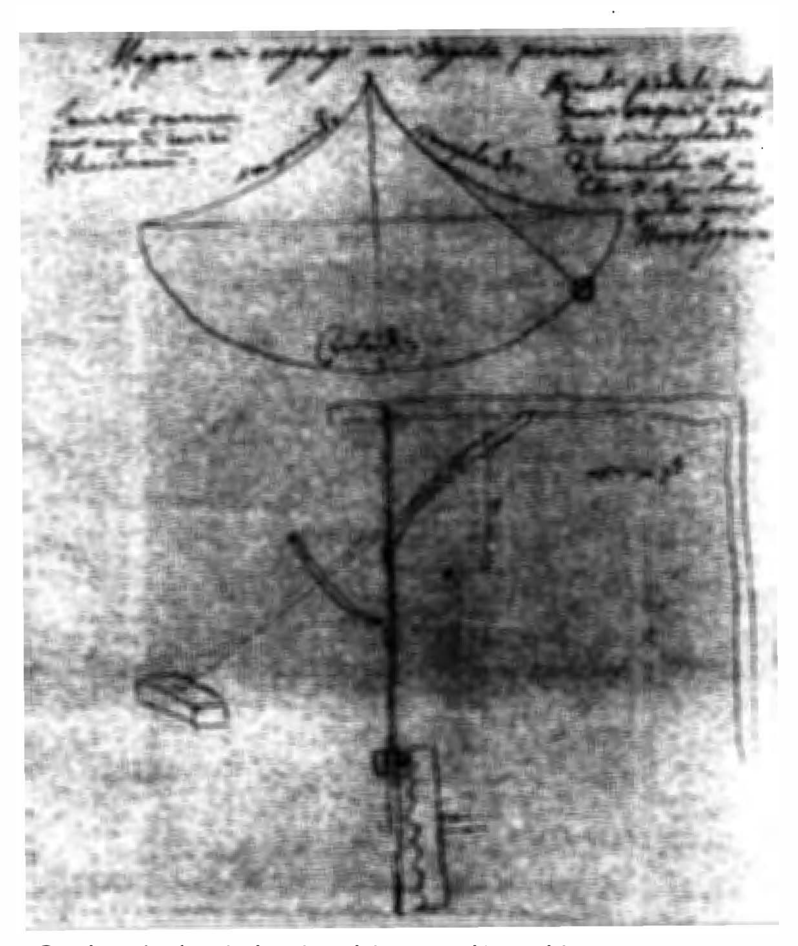
32. Atrib. a Vincenzo Viviani, *Escape con péndulo de Galileo*, dibujo sobre papel, ca. 1659. Florencia, Biblioteca Nazionale Centrale.
Según su discípulo Viviani, Galileo concibió la idea de este escape con péndulo en 1641, un año antes de su muerte. Ocho años más tarde, el hijo de Galileo, Vincenzo, construyó un modelo en el que, tal vez, esté basado este dibujo. Puede verse una rueda de escape, conectada al peso motor y dotada de crucetas, que funciona con dos palancas conectadas al péndulo. La palanca superior actúa sobre los dientes de la rueda y la bloquea; la inferior libera la rueda y recibe un impulso que transmite al péndulo para mantenerlo en movimiento.

demostró que la ley de Galileo sobre el isocronismo solo se cumplía cuando las amplitudes de las oscilaciones no eran muy distintas. Por eso, en su primer tratado sobre el reloj (1658), colocó el péndulo entre dos guías curvas en forma de alas (*alae*), con el fin de acotar sus oscilaciones dentro de una amplitud preestablecida.

El segundo paso consistió en calcular matemáticamente qué tipo de movimiento pendular producía oscilaciones de duración rigurosamente idéntica. En el prefacio del *Horologium oscillatorium* (1673), su segundo tratado sobre el movimiento del péndulo, Huygens escribió que, como culminación de sus investigaciones acerca de la caída acelerada y las propiedades geométricas de las curvas, había descubierto que, para ser realmente isócrono, un péndulo debía oscilar a lo largo de una cicloide o espiral de Arquímedes, la curva descrita desde un punto dado de una circunferencia que rueda sobre un plano. Así, Huygens procedió a calcular el perfil que debía dar a las guías entre las cuales oscilaba el péndulo de su reloj para que recorrieran una cicloide (figs. 33 y 34):

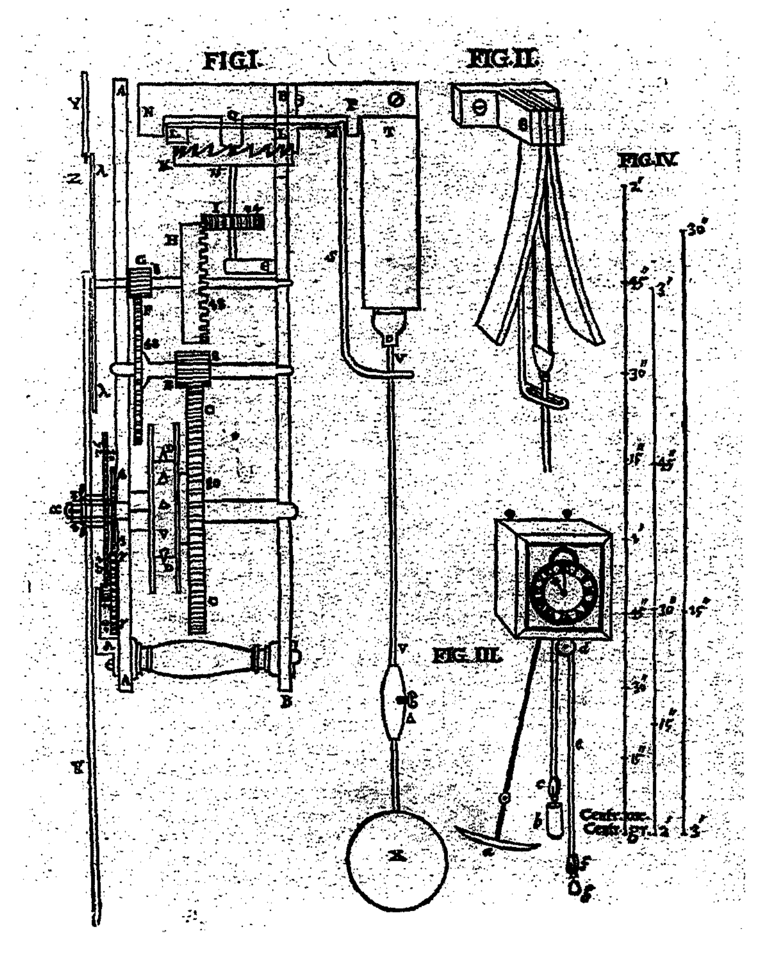
> El péndulo simple, por naturaleza, no posee una medida segura e igual del tiempo, dado que se observa que las oscilaciones más amplias son más lentas que las más exiguas. Pero, empleando demostraciones geométricas, hemos hallado un modo hasta ahora desconocido de hacer oscilar el péndulo, distinto al modo precedente, mediante una curva que se presta maravillosamente a la igualdad buscada.[34]

De esta aplicación de la mecánica racional nació, en los albores del Siglo de las Luces, la era de la estandarización del tiempo. Hasta entonces, los relojes mecánicos presentaban desajustes incluso de un cuarto de hora al día respecto a la hora de las meridianas. De pronto, dicho margen de aproximación se redujo a diez segundos. No obstante, solo ofrecían prestaciones tan sofisticadas los cronómetros de péndulo que funcionaban en un plano perfectamente horizontal e inmóvil. Esos cronómetros de precisión, al igual que los actuales relojes atómicos, eran instrumentos científicos muy delicados y costosos, destinados a los observatorios astronómicos. Hasta mediados del siglo XVIII, en las fachadas de los palacios y casas regias siguió habiendo relojes de escape con varilla y *foliot*.

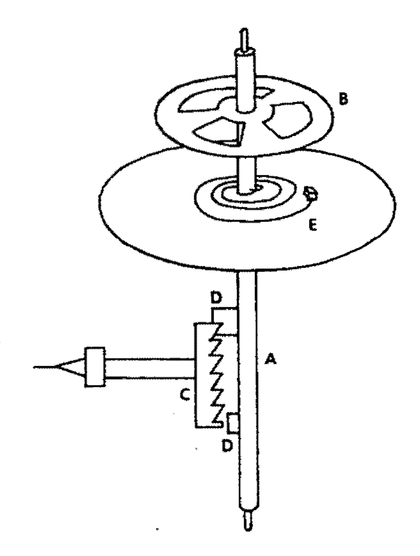


33. Estudios sobre la cicloide y el péndulo cónico, dibujos del manuscrito *Excerpta ex Adversariis*, en *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*, La Haya, M. Nijhoff, 1897, vol. 17, pág. 315.

A diferencia de lo que ocurría en el estudio geométrico del isocronismo de las oscilaciones del péndulo a lo largo de la cicloide, en el caso del péndulo cónico, para demostrar que el peso describía, en tiempos iguales, círculos de distinto tamaño, situados en un paraboloide de revolución, mientras el hilo permanecía normal en esta superficie, era necesario conocer las leyes de fuerza centrífuga. Huygens enunció dichas leyes, aunque sin demostrarlas, en la quinta parte de su *Horologium oscillatorium* (1673).



34. Escape con péndulo cicloidal, en Christiaan Huygens, *Horologium oscillatorium*, Parisiis, apud F. Muguet, 1673.
Respecto al tradicional escape de varilla vertical y *foliot* horizontal, el escape de Huygens gira noventa grados la varilla (A) y la rueda dentada (C) movida por el peso. El péndulo regula la rueda dentada y recibe impulso a través de dos paletas (D), conectadas a la varilla mediante una palanca de horquilla que oscila junto al péndulo. En vez de regular el movimiento con dos pesas sobre el *foliot*, aquí se utiliza la longitud del péndulo (B) para calcular el tiempo de oscilación (y la marcha del reloj) subiendo y bajando la lente del péndulo mediante un sistema de rosca.



Esquema c. Volante con muelle de espiral de Huygens (1675).

Al igual que en los tradicionales relojes de péndulo con rueda de escape (B), la varilla (A) y sus paletas (D) actúan sobre los dientes de la rueda (C). La novedad consiste en la introducción de un muelle de espiral (E) fijado a la varilla a modo de regulador. Con este sistema podían fabricarse relojes de precisión portátiles para uso náutico, que funcionaban incluso sometidos al vaivén de las olas.

Otra innovación fruto de los estudios matemáticos de Huygens fue el descubrimiento, en 1675, del isocronismo de las oscilaciones de un muelle de espiral, lo cual se tradujo en la invención de un nuevo volante o dispositivo regulador. Este aprovechaba el movimiento alternativo de compresión y expansión con el cual un muelle enrollado sobre sí mismo, en forma de espiral plana, oscila alternativamente (esquema c). Al tratarse de un sistema insensible al balanceo, la aplicación de este tipo de volante a un cronómetro náutico resultó ser la clave para calcular la longitud en el mar. No obstante, aún quedaba un asunto crucial por resolver: al variar la temperatura, las partes metálicas del cronómetro se dilataban y encogían. Debido, sobre todo, a los contrastes térmicos, los primeros cronómetros de nueva generación, con volante de muelle en espiral, presentaban desajustes de varios segundos al día, por lo cual eran inservibles a la hora de determinar con seguridad la longitud.

La ciencia oficial del siglo XVIII, tras los pasos de Galileo, seguía buscando sistemas astronómicos de referencia, como las efemérides lunares preparadas por el astrónomo alemán Tobías Meyer (1723-1762). El Almirantazgo inglés, volviendo la espalda a estos métodos astronómicos tan



35. William Hogarth, *Última resistencia de la dama*, óleo sobre tela, 1758-1759. Búfalo, Albright-Knox Art Gallery.
El propio artista describe así el tema del cuadro: «Una señora casada, joven y virtuosa, pierde su dinero, reloj y joyas jugando a las cartas con un oficial. He captado el momento en que él se ofrece a devolvérselo todo a cambio de su virtud, y ella no sabe qué responder» (Ronald Paulson, *Hogarth: His Life, Art and Times*, New Haven, Yale University Press, 1971, vol. II, págs. 267 ss.). Se trata de tomar una decisión en la que el reloj desempeña la doble función de marcar el tiempo y representar los estados de ánimo. El péndulo señala las 16.55, casi la hora de la cena en Inglaterra, lo cual indica que la señora no dispone de mucho tiempo para decidir. Además, el reloj contribuye simbólicamente a la indecisión de la protagonista, pues está decorado con un Cupido provisto de una hoz y, sobre su pedestal, lleva grabada la frase «Nunc, nunc» («ahora, ahora»).

laboriosos, consiguió que el Parlamento, en 1714, aprobara un decreto para otorgar un premio de veinte mil esterlinas al constructor de un cronómetro náutico que, tras seis semanas de navegación, no incurriese en un error superior a medio grado de longitud. Hubo que esperar cincuenta años para que John Harrison (1693-1776), carpintero y relojero inglés de Yorkshire, presentase, en 1763, la cuarta versión de su cronómetro de marina con volante de espiral, denominado H4 (Harrison 4). El célebre explorador James Cook (1728-1779) lo probó en el mar, donde el H4 solo se atrasó cinco segundos en ciento sesenta y un días de navegación. Este cronómetro, construido enteramente en madera, era el resultado de largas investigaciones siguiendo el método de ensayo y error realizadas por Harrison entre 1728 y 1757. Este empleó geniales soluciones técnicas para sus prototipos, como un sistema de fuerza auxiliar para mantener constante el movimiento del reloj incluso mientras se cargaba, o un péndulo realizado con nueve barras finas de acero y latón, alternadas de modo que pudieran aprovecharse los distintos coeficientes de dilatación de ambos metales, compensando así las variaciones en el funcionamiento que producían los cambios de temperatura (Whitrow, 1988, págs. 139 ss.; Sobel, 1999).

La primera mensuración del tiempo basada «en el estudio minucioso y sutil de la estructura matemática de los movimientos circulares y oscilatorios» (Koyré, 1973, pág. 312) se debe a Huygens; sin embargo, quien concibió la idea de aplicar el isocronismo del péndulo fue Galileo, a quien dejamos antes en Padua, justo cuando sus inesperados y sorprendentes descubrimientos con el telescopio lo convirtieron, en 1610, en el astrónomo más célebre y solicitado de Europa.

Dedicado en cuerpo y alma al acalorado debate cosmológico de principios del siglo XVII, Galileo utilizó sus hallazgos mecánicos para defender la causa copernicana. En el *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo*, declaró haberse inspirado a tal fin en el *Timeo* de Platón, intentando aplicar su descubrimiento de la ley temporal de la aceleración de la caída al problema de la constitución del sistema solar, es decir, al modo en que Dios creó las órbitas de los planetas y «lo dispuso todo con medida, número y peso», tal como puede leerse en un apunte de su puño y letra.[35]

La voluntad de insertar sus descubrimientos sobre las leyes de la cinemática en una teoría mecánica de la creación del universo lo llevó a publi-

car con gran énfasis, en las primeras páginas del *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo* (1632), su teoría del origen del universo o cosmogonía. Galileo declaró que se basaba en Platón, esto es, en la hipótesis de que Dios, al crear los planetas, prefirió la regularidad de las órbitas circulares con velocidades uniformes a sus iniciales movimientos irregulares. Galileo, además, se inspiraba en otros dos principios: por un lado, en que el universo fue creado junto con el tiempo, tal como afirmaba san Agustín; y, por otro, en la ley copernicana según la cual las posiciones de los planetas respecto al Sol dependían de sus tiempos de revolución. Ambos principios convertían el tiempo en parámetro fundamental para comprender el nacimiento del universo.

Según puede leerse en el *Diálogo*, en el caos primigenio, el movimiento de la materia primordial se generó a través de trayectorias en línea recta. Y los cuerpos, a la merced de esos movimientos lineales sin dirección asignada, estaban destinados a dispersarse en mil direcciones. Entonces, la intervención milagrosa de la creación convirtió aquel estado inicial de movimiento en un girar uniforme y en una sola dirección alrededor de un centro, tal como ocurría en el universo-reloj copernicano, donde todo giraba en la misma dirección con un simple y único movimiento circular uniforme.

Galileo consideraba que Dios, al crear las órbitas de los planetas, los dejó caer uno a uno, desde un punto determinado, en dirección al Sol, y que, en el momento adecuado, convirtió su caída acelerada en línea recta en una órbita circular, a lo largo de la cual cada planeta mantenía constante la velocidad adquirida al caer hasta el final de los tiempos:

> Por tanto, podemos decir razonablemente que la naturaleza, para conferir una determinada velocidad a un móvil que previamente está en estado de reposo, se sirva del hacerlo mover durante algún tiempo por un determinado espacio, con movimiento rectilíneo. Aceptado este argumento, imaginemos que Dios ha creado el cuerpo, v. g., de Júpiter, y que haya decidido conferirle una determinada velocidad que después deba conservar perpetuamente uniforme. Entonces podríamos decir con Platón que al principio lo hizo moverse con movimiento rectilíneo y acelerado y que después, al alcanzar determinado grado de velocidad, habría convertido su movimiento rectilí-

neo en circular, cuya velocidad después conviene que sea naturalmente uniforme.[36]

En estas primeras páginas del *Diálogo*, Galileo anuncia otro descubrimiento: un cuerpo, al caer, pasa de forma continua, instante a instante, «por todos los grados de velocidad».[37] Así pues, la velocidad aumentaba regularmente en proporción al tiempo transcurrido. Galileo, siguiendo la regla según la cual, en tiempos iguales, la distancia que recorre un cuerpo que pasa de la caída a un movimiento constante es el doble de la distancia de la caída, quiso identificar —basándose en las actuales distancias y velocidades de los planetas— el punto exacto del cosmos desde el que Dios dio paso al movimiento del universo. Sin embargo, el intento de calcular la distancia en caída recorrida desde Júpiter y Saturno resultó ser de una dificultad casi insalvable: «Y si no creyera que hacer esos cálculos de modo preciso sería empresa ardua y larga, y quizás demasiado difícil para que yo lo comprendiera, querría que insistierais en ella».[38]

Galileo jamás logró saber desde qué punto exacto del cosmos el Dios arquitecto originó nuestro universo-reloj. No obstante, en su último libro, *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* (1638), explica cómo descubrió la ley temporal de la aceleración uniforme de caída. Según afirma, tras años de «largas reflexiones», primero la concibió de forma puramente teórica, y luego la verificó en el plano de la observación, gracias a «lo que los experimentos naturales presentan a los sentidos».[39]

También escribió que se había inspirado en la norma de la simplicidad, economía e inmediatez con que obraba la naturaleza. El Dios de Galileo era un arquitecto parsimonioso. Así como no hay forma de nadar y de volar más simple que la que practican por puro instinto, respectivamente, los peces y las aves, así, frente a una piedra que cae, no hay nada más lógico que pensar que, durante intervalos de tiempo iguales, su velocidad aumenta de forma constante: «Según creemos, no nos apartamos en absoluto de la recta razón al admitir que la intensidad de la velocidad aumenta con la extensión del tiempo».[40]

Así, en la ciencia del movimiento de Galileo, el tiempo, en sí mismo, se convierte en una fuerza física que ya no deriva del movimiento, como en la física de Aristóteles, sino que es independiente del mismo. Una fuerza

dotada de la propiedad de generar y regular la aceleración de la velocidad en el movimiento de caída.

Para comprobar mediante la experiencia la idea de que se establece una proporción entre velocidad de caída y tiempo transcurrido, Galileo dejó caer una esfera de bronce sobre un plano inclinado, en tramos de longitud proporcionalmente decreciente. Y, para medir los tiempos, recurrió a un tipo de clepsidra que, según el testimonio de Nicolás de Cusa, se utilizaba en medicina para medir las variaciones en la frecuencia del pulso.[41] Se trataba de un recipiente con un agujero en el fondo; el agua que salía durante el descenso de la esfera a lo largo de un determinado tramo del plano inclinado se recogía en un vaso, y se pesaba en la balanza. Ello permitía comparar las cantidades de agua que salían de la clepsidra mientras la esfera recorría partes del plano inclinado proporcionales entre sí. Solo eran cantidades de agua colocadas en una balanza, pero, una vez se las relacionaba con las velocidades y distancias proporcionales recorridas, era como si lo que se pesaba en aquellos vasos fuera el tiempo, invisible pero cuantitativamente medible, al igual que el espacio o el peso.

Así, con este acto fundador de pesar matemáticamente el tiempo en los platos de una balanza, la física matemática de Galileo autorizaba el uso de cualquier reloj artificial para medir las velocidades de los movimientos. Además, ya no existían los antiguos referentes naturales que, desde siempre, habían actuado como relojes cósmicos absolutos. Una vez caído el dogma de la inmovilidad terrestre, el movimiento cotidiano de las estrellas fijas y del Sol se consideraba una ilusión producida por el movimiento de la Tierra. Y así como, en una embarcación, todo se movía del mismo modo, tanto si estaba detenida como si navegaba a velocidad constante, así todas las cosas se movían del mismo modo, tanto si la Tierra permanecía inmóvil como si giraba. Los únicos cuerpos inmóviles eran aquellos que se movían uniformemente respecto a otros cuerpos en movimiento: la distinción entre movimiento y reposo no era más que una cuestión de sistemas de referencia.

Quien se encargó de recuperar la existencia de sistemas de referencia absolutos fue Isaac Newton. En las primeras páginas de sus *Principios matemáticos de la filosofía natural* (1687), el autor se refiere a la concepción matemática del tiempo introducida por Galileo: «Cuando un cuerpo cae, la gravedad uniforme, actuando de manera igual, imprime en dicho cuer-

po, en cada intervalo igual de tiempo, fuerzas iguales, y genera velocidades iguales».[42]

Para Newton, el tiempo no era solo un concepto matemático útil para estudiar, en una curva, el aumento continuo de una velocidad en el fluir sucesivo de cada instante. Al comienzo de los *Principios*, este define el tiempo como una entidad real, aunque inmaterial, que tiene la propiedad de transcurrir fuera de los fenómenos y las cosas, independientemente de nuestra conciencia e incluso de los relojes. Dicho de otro modo: una entidad trascendente, siempre igual a sí misma por ser «verdadera, matemática, absoluta». El tiempo, tan infinito como el espacio absoluto en el que se halla inmerso el universo, fluye continuamente por naturaleza, sin principio ni fin, y su único referente es él mismo: «Por sí y por su propia naturaleza, sin relación a nada externo, transcurre uniformemente».[43]

El espacio y el tiempo infinitos son los nuevos referentes absolutos de la ciencia de Newton. Su física es una dinámica, y estudia las fuerzas que producen los movimientos de los cuerpos y que pueden mantener o cambiar su estado de movimiento o reposo. Esta dinámica se basa en el principio de inercia. Una vez eliminada la antigua dicotomía entre mundo terrestre y mundo celeste, con la distinción entre posiciones espaciales naturales en el primero y movimientos rotatorios uniformes en el segundo, Newton considera el estado natural de la materia como una única traslación rectilínea uniforme: en el universo, todos los cuerpos mantienen su estado de movimiento rectilíneo constante, hasta que una fuerza los obliga a modificar ese estado natural.

Sin duda, para basarse en una ley de la inercia tan inverificable como esta, había que partir de la idea de un espacio absoluto y de un tiempo absoluto infinitos. Y lo cierto era que, si no había impedimentos, un cuerpo seguía moviéndose a lo largo de una ilimitada línea euclidiana, cubriendo distancias iguales en tiempos iguales hasta el infinito, mejor dicho, hasta el fin de los tiempos. A la hora de replantear la mecánica, Newton utiliza estos principios tan metafísicos porque se basa en un ideal religioso del conocimiento, ideal que, a diferencia de las creencias de Copérnico y Galileo, no se limita a alabar la grandeza de la obra divina, sino que pretende demostrar la presencia viva y la actividad providencial de Dios en el universo.

Gracias al estudio de los cuadernos y manuscritos de Newton realizado en los últimos cincuenta años, hoy conocemos mejor su intención de no

limitarse a postular la acción providencial de Dios como primera causa del mundo, sino de probarla mediante las leyes de los fenómenos naturales: «Vemos los efectos de la divinidad en la creación y buscamos una causa, y por eso recogemos la prueba de la existencia de Dios, y sus propiedades pertenecen a la filosofía experimental».[44]

Newton, lo mismo que Copérnico y Galileo, buscaba las regularidades matemáticas de los fenómenos, en abierta polémica con la forma mecanicista de hacer ciencia, que consistía en imaginar mecanismos invisibles tras los fenómenos. Newton proponía a Dios como ente supremo que había regulado la naturaleza y que seguía gobernándola: «Existe un espíritu infinito y omnipresente en el cual la materia se mueve según las leyes matemáticas».[45]

En el tercer libro de los *Principios*, Newton aplica a todos los fenómenos del universo —de los movimientos de los planetas y la Luna a la figura de la Tierra, de las mareas a los cometas— su ley de la gravitación universal, directamente proporcional a las masas e inversamente proporcional a sus distancias. En un apéndice general, o *Escolio general*, añadido a la nueva edición de los *Principios* publicada en 1713 por su discípulo Roger Cotes, Newton afirma que este «elegantísimo sistema del Sol, planetas y cometas», regido única y simplemente por la ley de la gravitación, demuestra la existencia del proyecto racional de un ente inteligente y poderoso, pero también la presencia directa en la naturaleza de un Dios providente, que sigue velando por el mundo en la infinidad del espacio y en el tiempo: «Dura siempre y está presente en todas partes, funda la duración y el espacio».[46] Y añade que el tiempo y el espacio absolutos son entes incorpóreos, inmateriales, porque corresponden a la eternidad de Dios y a la omnipresencia con la cual este reina en el mundo. En la conciencia de un Dios omnipresente y eterno, los movimientos del universo se manifiestan en un espacio infinito y en un tiempo infinito.

La devoción religiosa y personal del hombre Isaac Newton no era la única que precisaba de estos principios de teología natural en física; la ciencia de Newton también necesitaba la presencia de un Dios en el espacio y el tiempo donde se hallaba inmerso el universo. Y es que el universo de Newton, compuesto de masas interactivas sometidas a la ley de la gravitación universal, era inestable. Newton advertía que un mundo así,

sin la guía de un Dios, terminaría por colapsarse, debido a la atracción recíproca entre los cuerpos celestes (Koyré, 1971, pág. 264).

Si el universo aún no se había destruido por efecto natural de la fuerza de gravitación, si ningún cometa había chocado con el Sol terminando así con el sistema solar, si las estrellas no caían y los planetas no chocaban entre sí, todo ello era gracias a la presencia constante de la acción sobrenatural de Dios, que preservaba milagrosamente el universo de la fuerza destructiva de la ley de la gravitación universal. Dejemos que sea Voltaire quien nos muestre, mejor aún que Newton, ese universo por el que Dios vela íntimamente y en el que habita:

> Dans le centre éclatant de ces orbes immenses,
> Qui n'ont pu cacher leur marche et leur distances
> Luit cet astre du jour, par Dieu même allumé,
> Qui tourne autour de soi sur son axe enflammé [...]
> Ces astres asservis à la loi qui les presse,
> S'attirent dans leur course et s'évitent sans cesse,
> Et, servant l'un à l'autre et de règle et d'appui,
> Se prêtent les clartés qu'ils reçoivent de lui.
> Au de là de leur coeurs, et loin dans cet espace
> Où la matière nage, et que Dieu seul embrasse,
> Sont des soleils sans nombre, et des mondes sans fin.
> Dans cet abîme immense, il leur ouvre un chemin.
> Par delà tous ces cieux le Dieu des cieux réside.[47] [*]

[*] Trad. esp.: *La Henriada*, Barcelona, Librería de Ignacio Oliveres, 1836, vv. 4512-4542: «Esos etéreos globos, que matizan / Del cielo, con su luz, la región bella, / Globos, que ya ocultarnos no han podido / Su curso y sus distancias, la lumbrera / Luce mayor del día, que la mano / Encendió de Dios propio, y de sí mesma / Sobre su eje inflamado en torno rota. [...] Sujetos estos astros a las reglas / Que su armonía fundan, y a las leyes / Que precisan su giro y los apremian, / Mutuamente se atraen incesantes, / Incesantes se evitan y se alejan; / Y sirviéndose a un tiempo entre sí mismos / De un apoyo perpetuo y norma cierta, / Recíprocos se envían y traspasan / La clara luz que aquel a todos presta. / Más allá de su curso, allá muy lejos, / En espacio en que nada la materia, / Y que Dios solo abraza, inmensos soles, / Grandes mundos, sin fin la permanencia / De su morada fijan luminosa. / Por un piélago tal de luz excelsa, / De tan glorioso Padre al mortal hijo / Franquear plugo a Dios sublime senda. / Aún más y más allá de cielos tantos, / De ellos formó el Señor su residencia». (*N. de la t.*)

UN ANTES Y UN DESPUÉS

No tiene puerto el hombre, no tiene orilla el tiempo;
¡él sigue y no nosotros!
¿Cómo es posible, oh tiempo, que momentos divinos
en que el amor nos vierte la dicha en largas olas,
de nosotros se alejen con la misma premura
que los días de desgracia?[48*]

Tiempo impasible, que con la majestad de un río deja atrás nuestro porvenir. La metáfora fluvial del curso del tiempo, aún vigente, es una herencia de la ciencia de Newton o, mejor dicho, del Dios eterno y omnipresente en el que se basaba la física de Newton.

Allende el canal de la Mancha, predicaban la fórmula de la gravitación universal desde los púlpitos de las iglesias para demostrar que el mundo había sido creado racionalmente. Sin embargo, en el continente, este tipo de discurso teológico siempre hallaba obstáculos. Buen ejemplo de ello es el siguiente fragmento de la polémica que sostuvieron, en 1715, el matemático y filósofo Wilhelm Gottfried Leibniz (1646-1716) y un portavoz de Newton, el teólogo Samuel Clarke (1675-1729):

> *Leibniz*: Newton y sus seguidores tienen una idea muy curiosa de la obra de Dios. Según ellos, Dios, de vez en cuando, necesita dar cuerda a su reloj, pues, de otro modo, dejaría de andar. Él no fue capaz de lograr un movimiento perpetuo. Según ellos, la máquina de Dios es tan imperfecta que Dios se ve obligado a limpiarla y repararla cada cierto tiempo, lo mismo que hace un relojero con su obra. Y un relojero que se ve obligado a retocar y corregir lo que hace con frecuencia es un operario poco experto. En mi opinión, en el mundo existe siempre la misma fuerza, la cual, simplemente, pasa de materia en materia, conforme a las leyes de la naturaleza y el orden preestablecido. Y creo que cuando Dios hace milagros, no los hace para sustentar las necesidades de la naturaleza, sino las de la gracia. Juzgarlo de otro modo sería tener una idea muy baja de la sabiduría y el poder de Dios.

* Trad. esp. en Miguel Ángel García Peinado, «Lamartine y el sentimiento de la naturaleza en cuatro poemas traducidos», *Thélème*, 10 (1996), pág. 103. (*N. de la t.*)

> *Clarke*: El hecho de que nada se haga sin su Providencia e inspección no supone una carencia para tal artífice, sino su verdadera gloria. La idea del mundo como una gran máquina que se mueve sin la intervención de Dios, al igual que un reloj sigue moviéndose sin la ayuda de un relojero, es una idea propia del materialismo y el fatalismo, la cual, con el pretexto de hacer de Dios una inteligencia supramundana, tiende, en realidad, a excluir del mundo la Providencia y el gobierno de Dios.
>
> *Leibniz*: Si la realidad del espacio y el tiempo es necesaria para la inmensidad y eternidad de Dios, si es necesario que Dios esté en los espacios, si estar en el espacio es una propiedad de Dios, entonces Dios, en cierto modo, es dependiente del tiempo y el espacio, y necesita de ellos [...].[49]

Según Leibniz, pensar en un Dios que necesita habitar el universo en vez de reinar por encima del mismo es una teología pésima, equivalente a blasfemar contra la trascendencia. Además, considera una falsedad («una ficción imposible») hablar del tiempo independientemente de las cosas y de nosotros mismos («los instantes, sin las cosas, no son nada»). Para Leibniz, lo que llamamos «tiempo» solo es un criterio lógico de anterioridad y posterioridad entre las cosas, que se remonta hasta su creación. El tiempo, pues, es la concatenación de causas y efectos que Dios confirió a los fenómenos en el acto de crearlos. El tiempo, en sí, no es una entidad sustancial, sino un concepto relacional, una conexión lógica de dependencia causal entre las cosas, inmanente a las mismas.

Pero el teólogo newtoniano Clarke no se daba por enterado, y repetía que no, que el espacio y el tiempo eran cantidades reales que pertenecían a Dios, y que habitar en ellos era prerrogativa divina, pues eran sus ámbitos de acción en el universo. No admitir la existencia objetiva de estos dos atributos, es decir, del tiempo absoluto y el espacio absoluto de la ciencia de Newton, el primero correspondiente a la eternidad de Dios, el segundo a su omnipresencia en el universo, equivalía a abrir el camino hacia una idea de universo autosuficiente, capaz de mantenerse por sí mismo, sin necesidad de Dios. Y era un camino sin salida, pues conducía a la «falsa filosofía de los materialistas».

En Inglaterra, el filósofo David Hume intentó trasladar la reflexión sobre la naturaleza del tiempo del plano de la relación entre Dios y las

cosas al de la relación entre el hombre y las cosas, y también fue tachado de ateísmo materialista. Está claro que, para Hume, el tiempo no tenía nada de divino. Concebir los sucesos con respecto al pasado, el presente y el futuro es un *habitus* mental de nuestra conciencia, la cual, debido a la constante sucesión de nuestras experiencias, está acostumbrada a reflexionar en términos de antes, después y durante.

Así pues, el tiempo nada tenía que ver con ese algo que existía fuera de nosotros defendido por Newton, ni había una relación de orden lógico entre las cosas, como creía Leibniz; a los ojos de Hume, el tiempo es una forma de razonar aprendida a través del repetirse de la experiencia. Entonces, ¿cómo es posible que, desde edad muy temprana, tengamos noción del antes y el después? Y, si no existe nada semejante al tiempo absoluto y universal, ¿cómo pueden corresponder a los fenómenos las ecuaciones de la física de Newton? El problema, en resumidas cuentas, era cómo ir más allá de los presupuestos religiosos de Newton sin renunciar a su física.

Kant supo dar una solución al problema, y resultó tan convincente que su idea fue aceptada como verdadera durante casi un siglo, una centuria tan repleta de imponentes transformaciones como el siglo XIX, denominado «siglo de la ciencia». El mérito indiscutible de Kant es haber comprendido cuál era el enfoque más adecuado a la hora de afrontar la cuestión: partir del hecho de que las ecuaciones de Newton, basadas en una cantidad objetiva denominada «tiempo», se correspondían con la experiencia. No obstante, para separar adecuadamente la física de Newton de su metafísica, había que aclarar bajo qué condiciones de experiencia efectiva de los fenómenos eran válidos sus complejos conceptos de tiempo y espacio absolutos.

Al intentar especular sobre el tiempo como si se tratara de una realidad absoluta, la razón se perdía en problemas indisolubles de este tipo: ¿el tiempo tuvo un inicio? ¿Tendrá un fin? ¿El mundo existe desde siempre o no? ¿Cómo se originó el universo? Había que alejar de la ciencia esta clase de preguntas, carentes de cualquier respuesta basada en datos extraídos de la experiencia. Además, Kant reconoció que Leibniz tenía razón al considerar una contradicción lógica la idea de Newton de un tiempo en sí mismo, de un proceso en el tiempo.

Kant quiso despojar la idea de tiempo de cualquier interpretación trascendente, con el fin de demostrar que la propia actividad del pensamiento

es «temporalizadora». La mente humana organiza los fenómenos según un antes y un después, y establece una relación de causa-efecto entre los mismos. No es solo el parámetro de las leyes matemáticas del movimiento, sino un modo de contextualizar la experiencia, que precede a nuestras percepciones de los fenómenos y las hace posibles. Incluso los niños tienen conciencia del subseguirse de sus percepciones, y ello es gracias a un marco temporal que ordena anticipadamente los eventos, según un antes y un después, en la mente humana. Nosotros podemos despojar los fenómenos de todas sus características sensibles, podemos pensar en algo sin referirnos necesariamente a su color, peso, sabor o dimensiones, pero no podemos pensar en los fenómenos fuera de su sucesión en el antes y el después: Kant estaba seguro de ello.

El tiempo no es un producto de la experiencia, sino una condición fundacional de la misma, pues es inherente a la posibilidad de percibir, es una forma que tiene la razón de apropiarse de la experiencia, no de someterse a ella. El espacio es la intuición espontánea mediante la cual la razón dispone los fenómenos uno junto a otro, y el tiempo es un esquema de sucesión mediante el cual la experiencia permite comprender los fenómenos. El espacio y el tiempo absolutos de las ecuaciones de la dinámica newtoniana no son, pues, misteriosos atributos metafísicos de la divinidad, sino instrumentos, subjetivos y a la vez universales, a través de los cuales el conocimiento racional humano se adueña de la experiencia de las cosas.

Gracias a esta profunda revisión en clave racional, la ciencia newtoniana se pudo laicizar, y dejó de ser tachada de misticismo medieval en los ambientes cartesianos europeos. Además, en la época de Kant, la teoría newtoniana ya había superado el escepticismo inicial que halló entre los *géomètres*. La gravitación universal estaba destinada a triunfar como ley experimental, fortalecida por ciertas predicciones que, teniendo en cuenta las influencias gravitacionales de Júpiter y Saturno, resultaron cruciales, como el aplastamiento terrestre en los polos o el regreso del cometa Halley en 1758. En 1799, los prodigiosos cálculos de Pierre-Simon de Laplace (1749-1827), incluidos en su *Tratado de mecánica celeste*, fueron un gran legado del Siglo de las Luces a la nueva centuria, destinada a convertirse en el siglo de la ciencia. Los cálculos de mecánica celeste de Laplace superaban aquellas irregularidades de las órbitas planetarias que tanto habían

hecho dudar acerca de la universalidad de la ley de Newton. A lo largo de los siglos, esas perturbaciones se compensaban; los grandes ejes del sistema solar eran estables. A partir de entonces, la gravitación se convirtió en «la gran ley de la naturaleza», y las peores previsiones de Samuel Clarke se cumplieron: el universo se mantenía por sí mismo, al igual que un reloj autosuficiente, sin necesidad de la intervención sobrenatural de un próvido Dios relojero. Como escribió Alexandre Koyré (1970, pág. 208):

> [...] el universo infinito de la nueva cosmología, infinito en duración y extensión, en el cual la materia eterna, de acuerdo con las leyes eternas y necesarias, se mueve sin fin y sin objetivos en el espacio eterno, heredó todos los atributos ontológicos de la divinidad, pero solo estos, pues el resto se los llevó consigo Dios.

¿Y el tiempo absoluto? Laplace no pensaba en la eternidad divina, lo cual habría resultado superfluo a esas alturas, sino que concebía el tiempo con relación a un omnipotente genio matemático, es decir, una inteligencia capaz de conocer, en un instante determinado, las fuerzas, posiciones y velocidades de todas las partículas de la naturaleza. En la introducción a su *Ensayo filosófico sobre las probabilidades* (1814), el autor afirma que, para esa inteligencia calculadora capaz de prever todo el futuro y posver todo el pasado, «nada será incierto [...], y el porvenir, como el pasado, aparecerá ante sus ojos».[59]

¿Qué permitía a Laplace imaginar un determinismo tan imperialista? Su maximalismo se basa en una idea de invariancia de las leyes de la mecánica con respecto al pasado y el futuro. Y es que, en efecto, las ecuaciones newtonianas del movimiento seguían siendo las mismas aunque t se transformara en $-t$. Al igual que Laplace, nosotros también deberíamos imaginar un universo en el cual todas las partículas, en un instante determinado, regresan en dirección contraria a su dirección de origen sin cambiar sus velocidades. De este modo, cabría imaginar el sistema recorriendo, en sentido inverso, su evolución desde su estado inicial hasta el estado del momento en que se produce la inversión, tal como sucede en esas películas que se proyectan en sentido contrario, en las que vemos cómo se reconstruye una cerilla a partir de la llama, o contemplamos a un nadador desde que

ha salido del agua hasta que vuelve a situarse en el trampolín, u observamos las manecillas de un reloj girando a la inversa.

La mecánica no excluía una reversibilidad de ese tipo, lo cual no es de extrañar, pues, desde que los relojes empezaron a marcar las horas en la Edad Media, uniformidad, simetría y reversibilidad estaban consideradas lo *proprium* de la naturaleza y, por ende, de la ciencia. No obstante, en la primera mitad del siglo XIX, la ciencia se transformó profundamente, y en geología, biología y física aparecieron nuevas teorías basadas en fenómenos de evolución, metamorfosis y asimetrías, teorías que impedían concebir el tiempo como un dato neutral dentro del movimiento de la máquina del universo.

En el ámbito de la física, los interrogantes acerca de la dispersión del calor en la nueva máquina de vapor condujeron al estudio de los fenómenos de la termodinámica, los cuales evidenciaron la función direccional del tiempo. La termodinámica se basaba en un concepto típicamente romántico de unidad y correlación de las fuerzas físicas, según el cual todas las formas de energía, de la mecánica a la térmica, eran convertibles. La energía se mantenía, tal como afirmaba el mecanicismo newtoniano, solo que, en termodinámica, esta no podía recuperarse por completo: un intercambio de energía era un proceso unidireccional, irreversible.

El segundo principio de la termodinámica, el llamado principio de Carnot-Clausius, explicitaba un dato extraído de la experiencia universal: la energía térmica consumida para producir un efecto mecánico no puede recuperarse para hacer el mismo trabajo, ya que se dispersa en el ambiente. Mientras que la energía total es constante, la energía útil, que no está disponible a causa de su disipación, disminuye en el tiempo. La primera descripción matemática de un fenómeno irreversible que conduce al equilibrio térmico, en el cual las temperaturas son uniformes, fue la ley del físico matemático Joseph Fourier (1768-1830) sobre la propagación del calor entre dos cuerpos sometidos a temperaturas distintas (1822): un cuerpo aislado, esto es, no alimentado de calor con un aporte externo de energía, se enfría espontáneamente pasado un cierto tiempo.

Recapitulando: si es cierto que, al transformar una energía, no se puede recorrer el proceso a la inversa, si cada transformación comporta irremediablemente una pérdida, hasta el punto de que un trabajo mecánico puede

ser convertido íntegramente en calor, pero no lo contrario, entonces la idea de un tiempo de carácter neutral debe desaparecer para dar paso a un tiempo físico con un sentido único, como un devenir o una dirección obligada. Este concepto, radicalmente distinto a la idea de simetría respecto al tiempo de las ecuaciones de la mecánica, es la lección que la termodinámica dio a la cultura del siglo XIX. La física de los fenómenos termodinámicos establecía una distinción entre pasado y futuro, y el universo ya no aparecía como un reloj, sino como un sistema destinado a enfriarse a lo largo del tiempo, hasta llegar a la muerte térmica. Y ello con el agravante de que ya no existía un próvido Dios fogonero capaz de devolver milagrosamente al universo la energía disipada con el tiempo.

Tampoco era posible creer en un tiempo independiente de los fenómenos. Energía y tiempo estaban vinculados de un modo inseparable. En este sentido, es significativo que el primer científico que condenó públicamente la existencia real de un tiempo absoluto, calificándola de dogma escolástico medieval, fuera un exponente de la física energetista como Ernst Mach. Este fue uno de los primeros en situar el estudio de las percepciones temporales en el núcleo de la observación psicofísica, y descubrió que aquello que sentimos del tiempo es el ritmo, y que, además de advertir sus repetidos latidos, percibimos más aún las pausas que los separan, el vacío entre nota y nota.

Mientras los físicos, a partir de la cantidad de carbón consumida en las calderas de vapor de la flota británica, intentaban calcular cuánto tiempo tardaría el Sol en enfriarse, la teoría de la selección natural de Charles Darwin (1809-1882) supuso la culminación del otro gran tema del siglo de la ciencia: el evolucionismo y su concepción de la geología y de la vida, ambos orientados también, irreversiblemente, entre pasado y futuro. La formación de cadenas montañosas y la selección natural eran procesos interminables, que transcurrían a lo largo de millones de años sin poder volver sobre sus pasos, como si el tiempo corriera en un contador cuyas manecillas solo pudieran avanzar (fig. 36).

En la física termodinámica, la irreversibilidad se conjugaba con la nivelación de energía; sin embargo, en el evolucionismo biológico, esta denotaba una continua diferenciación de la naturaleza en todas sus formas. El portavoz de esta incesante creatividad y vitalidad en la evolución de la vida



36. *El hombre no es más que un gusano*, grabado, *Punch*, 6 de diciembre de 1881. Este dibujo satírico demuestra el impacto que tuvo la idea del tiempo vinculado a la teoría de la evolución de Darwin. La larga duración de la selección natural está representada como un contador de eras esférico con varias agujas, tal y como solían ser los contadores de gas. En la parte inferior, tras los homínidos, se ve la manecilla del tiempo del universo; a la derecha, la manecilla de los millones de años de las eras geológicas; en la parte superior, la de los miles de siglos. En la parte inferior izquierda, vemos escrita la palabra «Chaos», en la cual se inicia la evolución biológica con la aparición de los gusanos.

no fue un científico, sino un filósofo francés, Henri Bergson (1852-1942), quien, en su provocador *Ensayo sobre los datos inmediatos de la conciencia* (1889), resolvió ir a contracorriente para dedicarse de lleno al tiempo subjetivo de nuestras vivencias.

Bergson era un filósofo espiritualista, tan hostil al racionalismo de Kant como a la religión positivista de la técnica. Su idea fundamental era que el tiempo, en primera instancia, debe entenderse en términos temporales y no espaciales. Lo que la ciencia llama «tiempo», aquello que miden los relojes, es una falsedad; las manecillas no miden tiempos, sino espacios. Y las agujas del reloj señalan puros números, no la duración de verdaderas duraciones vividas. El error estriba en confundir espacio y tiempo, cuando, en verdad, el primero es un conjunto homogéneo de puntos equivalentes entre sí y el segundo, la continua aparición de duraciones e instantes siempre nuevos. La realidad del tiempo es esta subjetividad vivida, inaccesible al conocimiento racional. El hecho de que el presente nunca sea igual al pasado y de que el futuro jamás sea idéntico al presente no es algo mensurable, pues solo puede intuirse a través de la conciencia.

TIEMPO ELÉCTRICO, TIEMPO-LUZ, TIEMPO DEL PENSAMIENTO

Esta gran reivindicación de la temporalidad, que algunos, como Marcel Proust (1871-1922), vivieron con entusiasmo y otros, como el filósofo Bertrand Russell (1872-1970), con sentido crítico, tuvo enorme eco en Europa. Para comprender las dimensiones y pasiones del debate sobre la conciencia del tiempo *versus* la medida del tiempo, debate que la escritura bergsoniana supo difundir con tanta repercusión, debemos contextualizarlo en la época de Bergson. Su defensa de la realidad cualitativa del tiempo subjetivo fue una reacción a la estandarización y homologación del tiempo mensurado, tendencias que, en la segunda mitad del siglo XIX, culminaron gracias a la unificación internacional de la hora, regida por los nuevos relojes eléctricos conectados mediante cables telegráficos, todos ellos simultáneos y guiados por un único reloj de referencia, llamado «reloj maestro». En esa época, la hora pública exacta empezó a llegar a todas las casas, lo cual venía a satisfacer una necesidad social primaria, al igual que la luz de gas o el agua pota-

ble: «Del mismo modo que, actualmente, con conductos subterráneos e innumerables ramificaciones, se distribuyen la luz y el agua, dos necesidades y sustentos de nuestra existencia, así se distribuirá también el tiempo, esto es, la medida de la vida».[51] Se trataba, pues, del tiempo unificado, uniforme, universal del reloj eléctrico como «medida de la vida».

En algunas ciudades, como Leipzig, hacía años que, de forma experimental, se había introducido un servicio de conexión de viviendas, comercios y fábricas al reloj maestro municipal, cuyo coste se limitaba a los cables de derivación. En otras ciudades, como Gante y Marsella, el tiempo se había distribuido gratuitamente, gracias a la instalación de esferas eléctricas en las calles, colocadas en las farolas de gas para que fueran visibles incluso durante la noche. En el corazón de la ciudad de París, proyectaban instalar, a unos sesenta metros de altura, en lo alto de la torre Saint-Jacques, cuatro esferas eléctricas transparentes y colosales, de cuatro metros de diámetro, para que pudieran verlas incluso los habitantes de los barrios más alejados. En la base del monumento debía instalarse el reloj maestro, del que partirían los cables que debían irradiar las horas a las esferas colocadas en las fachadas de los principales edificios públicos y comerciales de la Ciudad de la Luz.

A partir de mediados del siglo xix, la aplicación de la electricidad a la relojería brindó la posibilidad de multiplicar ilimitadamente el número de esferas que señalaban la misma hora en todas partes, con un coste incomparablemente inferior respecto a los relojes mecánicos:

> Medir el tiempo con la electricidad no es más que una simple e ingeniosa aplicación del principio de la telegrafía eléctrica. Cuando se utiliza el telégrafo eléctrico, la mano del operador comunica e interrumpe la corriente eléctrica, y acciona el electroimán de la otra estación. Cuando se quiere medir el tiempo con la electricidad, la mano del hombre se sustituye por el volante de un reloj, el cual, con sucesivas oscilaciones, comunica e interrumpe la corriente a intervalos iguales. Esta regularidad en la acción mecánica del electroimán, provocada a cualquier distancia, permite telegrafiar el tiempo con el mismo proceso físico que sirve para telegrafiar el pensamiento. Así, mediante un solo reloj, se puede indicar la hora, el minuto y el segundo en un número cualquiera de lugares, separados por distancias bastante más considerables de lo que cabría

> suponer. Todos estos relojes reproducen las indicaciones del reloj maestro, como si fueran espejos que reflejan su imagen.[52]

Ahora, las grandes esferas de reloj estaban en las fachadas y torres de las estaciones de tren, no en las iglesias. Con el avance de las redes ferroviarias, a lo largo de las cuales corrían los cables del telégrafo y de los relojes eléctricos, la hora solar local de cada ciudad se sustituyó por un tiempo único, el del horario ferroviario internacional. Además, la mecanización de los transportes y el sistema de fábricas también contribuyeron a democratizar el reloj, y convirtieron su «medida de la vida» en algo cada vez más estandarizado, uniforme y anónimo. Y, contra esta nivelación colectiva de la experiencia temporal, Bergson reivindicaba el tiempo vivido.

El primer colectivo al que se dotó de relojes fue el ferroviario, y los primeros horarios calculados al minuto fueron los de los trenes. Sin embargo, a finales de siglo, en todas las fábricas que funcionaban con la fuerza del vapor o la electricidad, los tiempos y turnos de trabajo obligaban a los obreros a respetar sus horarios al minuto. Así pues, en la época de Bergson, el reloj se democratizó, y pasó de ser un objeto de lujo para privilegiados a ser un instrumento de trabajo y una necesidad social masiva. Para adaptarse al nuevo período, el arte de la relojería también evolucionó, y empezaron a fabricarse a máquina modelos económicos, con el fin de satisfacer la creciente demanda y uniformar la producción. Durante esta época, la fabricación de relojes se convirtió en una verdadera industria en Suiza, sobre todo en los cantones de Ginebra y Zúrich.

Como hemos dicho, Bergson sostenía que el tiempo cuantitativo de la ciencia era un tiempo falso, afirmación a la que el matemático francés Henri Poincaré respondió en un artículo titulado «La medida del tiempo», publicado en 1898 en la *Revue de métaphysique et de morale*, revista racionalista por antonomasia que, pese a haberse fundado solo cinco años antes, ya era considerada la revista europea de estudios filosóficos más moderna y abierta del momento. Según Poincaré, la ciencia no tenía la más mínima intención de medir un tiempo «real». El tiempo divino, verdadero, absoluto y matemático del que hablaba Newton era un postulado teológico que los físicos no podían continuar suscribiendo. El tiempo de la ciencia estaba constituido por sus procesos de mensuración, basados en

convenciones y negociaciones acerca de los relojes que debían utilizarse y de la forma de sincronizarlos.

El tiempo, medible en términos de simultaneidad de eventos, era comparable a un pacto, una convención: cuando la física postulaba que la duración de dos eventos era la misma, tal simultaneidad solo se refería a la elección convencional de un parámetro de medición, ya fuera un cronómetro de péndulo, un astro o una pulsación. Los mejores cronómetros de péndulo, de vez en cuando, funcionaban bien, gracias al paso cotidiano de una estrella por el meridiano, es decir, a la rotación de la Tierra. No obstante, dicha rotación también presentaba irregularidades, ya que se ralentizaba. Entonces, ¿por qué los científicos preferían utilizar el paso de una estrella en vez de las pulsaciones? No era porque el movimiento diurno aparente del Sol o de un astro fuera más regular que el pulso, sino porque, gracias a las leyes de la mecánica newtoniana, resultaba más fácil explicar las irregularidades de la rotación terrestre que las variaciones de un latido cardíaco.

Así pues, el concepto de tiempo mediante el cual la física definía como simultáneos dos eventos no era más que una definición abstracta, dictada por razones de comodidad, tan convencional como cualquier definición, ideada para adaptarse mejor que otras posibles definiciones a las leyes de la mecánica. A esta última le bastaba definir un parámetro temporal congruente con sus principios, apto para que sus leyes resultaran tan simples como fuese posible.

Un joven Albert Einstein expuso, a sus veintiséis años, una idea muy distinta a las leyes de la física y su universalidad en el artículo «Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento», publicado en 1905 en los *Annalen der Physik*, otro documento de excepción del impetuoso debate intelectual que, entre finales del siglo XIX y principios del XX, sostuvieron autores como Mach, Bergson, Russell y Poincaré. Es bien sabido que Einstein aportó a la discusión sobre la irrealidad o realidad del tiempo de los relojes una tesis, denominada más tarde «teoría de la relatividad restringida», según la cual la simultaneidad de dos sucesos no debía considerarse igual para todos los observadores, ni tampoco una simple convención oportunista, sino una medida dependiente de la posición y velocidad del observador.

Einstein trabajaba en la Oficina de Patentes de Berna, donde fue testigo privilegiado de los sistemas de señalización y coordinación de redes de relojes eléctricos (Galison, 2004, págs. 221 ss.). Siendo como era un físico de cultura alemana, se había formado bajo la sombra de la crítica radical que Mach dedicó a los conceptos metafísicos de la mecánica, como la idea de tiempo absoluto; por otra parte, había sido educado en los ideales de la ciencia alemana decimonónica acerca de la correspondencia y armonía entre los fenómenos, cualidades provocadas por las leyes unificadoras de la naturaleza.

Para Einstein, las leyes de la mecánica de Galileo constituían un modelo, puesto que permanecían idénticas e invariadas para todos los observadores pertenecientes a sistemas en movimiento relativo uniforme entre sí. En 1905, Einstein creía que este ideal de invariancia de unas mismas leyes físicas en todos los sistemas de referencia, que bautizó como «principio de relatividad galileana», debía extenderse a los fenómenos electromagnéticos y, en particular, a la luz, por estar dotada de algo muy especial desde el punto de vista de la invariancia. En mecánica no había velocidades especiales. En cambio, en la teoría de los fenómenos electromagnéticos, la luz era realmente algo especial, pues su velocidad parecía seguir siendo la misma, independientemente del movimiento de la fuente emisora. Einstein propuso aceptar esta paradójica prerrogativa y postular que la luz, en vez de seguir la regla de la suma de la velocidad válida para el resto de cuerpos, poseía la facultad de propagarse a cada instante y en todas direcciones con idéntica velocidad. Dicho de otro modo: existía una velocidad absoluta de la luz, idéntica para todos los observadores, se hallaran en movimiento o inmóviles.

Puesto que la velocidad es igual al espacio dividido por el tiempo, establecer una velocidad constante de la luz solo es concebible si se abandona la idea de que el tiempo es algo absoluto e independiente respecto a todos los observadores, permanezcan en movimiento o inmóviles. Aquí tenemos, pues, a Einstein plenamente involucrado en la cuestión, planteada por Bergson, acerca de la realidad o irrealidad del tiempo de los relojes. ¿Qué significa decir que dos eventos son simultáneos? La posibilidad de disponer de dos relojes sincronizados. Pero ¿existe realmente tal posibilidad?

Einstein, al igual que Poincaré, insistía en que es imposible que dos observadores, comunicados a través de medios bien conocidos en física (señales acústicas o luminosas, radio), definan como simultáneos dos sucesos alejados entre sí. La idea de simultaneidad funciona con sucesos que ocurren cerca del observador, dentro de su campo de experiencia directo. En cambio, cuando uno de los sucesos está cerca del observador y el otro lejos, poder hablar de simultaneidad depende de la distancia y velocidad de la señal mediante la cual el observador percibe el suceso alejado. Cuanto mayor es dicha distancia, mayor es el desajuste de tiempo con que se registra el evento. Lo mismo sucede cuando dos observadores se mueven recíprocamente. En este caso, el tiempo está influenciado por el movimiento: cuanto mayor es la velocidad relativa de ambos, mayor es la distancia que debe recorrer la señal luminosa.

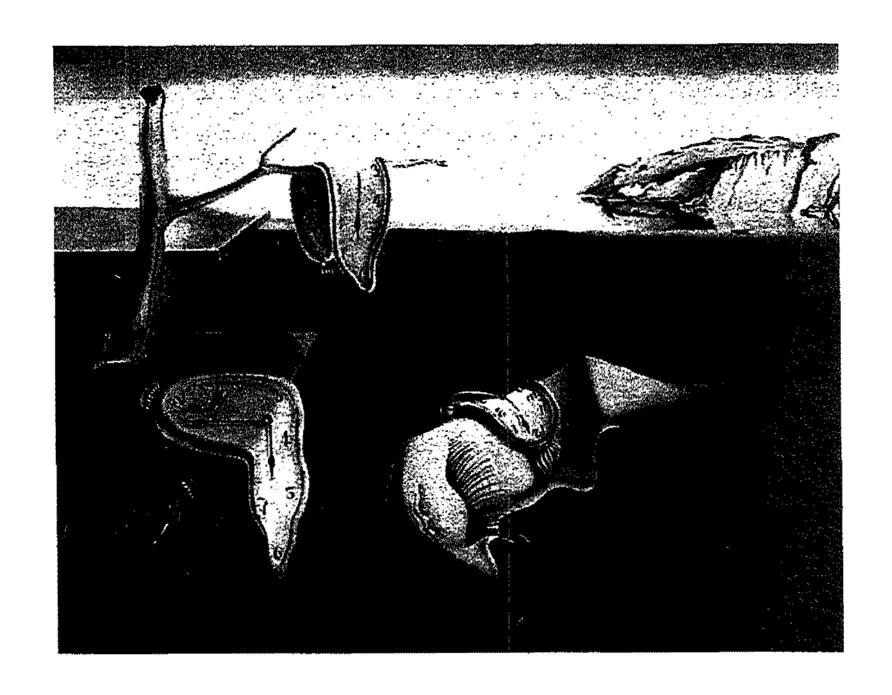
Otra de las consecuencias de la teoría de la relatividad restringida es que la distancia y el movimiento relativo influyen en el tiempo marcado por los relojes. Un reloj situado en un sistema móvil se ralentiza si se lo compara con el reloj de un observador en reposo. Además, el reloj en movimiento se ralentiza más cuanto más se aproxima a la velocidad de la luz, lo cual, una vez más, se debe al hecho de que la señal horaria de dicho reloj siempre le llega «después» al observador que se halla en un sistema estacionario. El tiempo físico, medido por los relojes, no es, pues, una magnitud fija e independiente, puesto que en él inciden distancias y velocidades, esto es, el espacio.

La primera consecuencia de esta crítica a la simultaneidad es que tiempo y espacio deben concebirse como dos entidades relacionadas entre sí, de modo que los fenómenos se inserten en un solo espacio-tiempo del universo. Una segunda consecuencia es que la velocidad de la luz es lo único verdaderamente absoluto que existe en el universo. Y lo cierto es que, en la relatividad restringida, se admite que no hay forma más rápida de transmitir los fenómenos que la de la luz. Ahora bien, si la velocidad de la luz representa la energía límite que ningún cuerpo puede superar, ello equivale a creer que la energía y la masa de un cuerpo son categorías interdependientes. Por tanto, la masa puede transformarse en energía, tal como quedó demostrado, más adelante, con la invención de la bomba atómica.

Unos diez años después de su artículo de 1905, Einstein quiso extender su principio de invariancia para todos los observadores a la gravitación, y lo hizo con una tesis denominada «teoría de la relatividad generalizada», ya que se trataba de postular las condiciones de un universo espacio-temporal cuya ley de la gravitación entre los cuerpos, directamente proporcional a sus masas e inversamente proporcional a su distancia, resultara válida para todos los observadores en movimiento acelerado entre sí, y no en movimiento relativo uniforme, como en la relatividad restringida.

A tal fin, en vez del esquema clásico de un universo en el cual tiempo y espacio existían por separado, estructurado mediante una geometría tridimensional de tipo euclidiano, Einstein propone la hipótesis de un universo de forma curva, trazado con una geometría de tipo cuadridimensional para incluir el tiempo, donde la atracción del Sol sobre un planeta, por ejemplo, describe un punto de curvatura de este espacio de cuatro dimensiones. En un principio, esta concepción del espacio curvo cuadridimensional del universo, tan distinta al universo infinito y homogéneo de la mecánica clásica, fue recibida con gran escepticismo. No obstante, en 1919, una expedición de la Royal Astronomical Society, guiada por Arthur S. Eddington, logró medir, durante un eclipse solar en el golfo de Guinea, una deflexión de la luz estelar en las proximidades de la masa del Sol. Dicho fenómeno concordaba con los valores previstos por la relatividad, dentro de unos márgenes de error aceptables, de modo que pudo ser incorporado como primera prueba en favor de la relatividad general.

Las representaciones más emblemáticas de esta transformación que, en veinte años, cambió corrientes de pensamiento seculares con respecto a nuestro universo-reloj, siguen siendo aún hoy los relojes blandos que Salvador Dalí empezó a pintar a partir del famoso cuadro *La persistencia de la memoria* (1931): relojes fundidos con el espacio o doblados, encorvados sobre sí mismos, lo mismo que el espacio-tiempo del universo en la teoría de la relatividad general (fig. 37). Más tarde, cuando el estallido de las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki (1945) demostró, trágicamente, la posibilidad de liberar la energía de la materia mediante la escisión de la estructura atómica de esta última, Dalí pintó uno de sus relojes blandos fundidos con el espacio en el acto de explotar, desintegrándose en mil pedazos, como si lo que se estuviera fragmentando fuera la imagen



37. Salvador Dalí, *La persistencia de la memoria*, óleo sobre tela, 1931. Nueva York, Museum of Modern Art.
En el *Diario de un genio* (1964), Dalí escribe que el cuadro representa una marina de la Costa Brava con rocas iluminadas por el Sol del crepúsculo. En el centro, parte de un rostro a modo de autorretrato, como en otros cuadros de la época. A la izquierda, un olivo sin hojas plantado sobre un paralelepípedo; de las ramas y del borde del bloque cuelgan sendos relojes curvados o en estado de descomposición. Según cuenta Dalí, estos relojes blandos se los inspiró un almuerzo a base de camembert demasiado maduro. Tal como sugiere el título, el cuadro evoca el carácter ilusorio del tiempo universal de los relojes, descubierto por Einstein, frente al descubrimiento freudiano de la fijación en el subconsciente de nuestras vivencias personales.

determinista de un universo-reloj que, durante siglos, había sido espejo y símbolo de la clásica idea de una realidad en la que primaban los conceptos de orden, simetría y constancia (fig. 38).

El universo ya no estaba inmerso en un espacio y un tiempo infinitos, externos a los fenómenos y a quienes los observaban. Poincaré se preguntaba: cuando contemplamos las estrellas, cuya luz nos llega desde miles de años luz, ¿qué estamos mirando? No miramos solo el espacio, sino también el tiempo, el pasado del cual procede dicha emisión de luz. Pero ¿estamos seguros de que se trata realmente del pasado, y no de una forma de ser de esa luz estelar en relación con nuestra distancia? ¿Tiene sentido creer que, más allá de distancias y señales, existe algo llamado tiempo, compuesto de pasado, presente y futuro? Entre los fundamentos de la física relativista, no existe una noción que encierre el significado de tiempo, excepto como postulado suplementario en la forma del segundo principio de la termodinámica, como paso de estados improbables a estados probables. El tiempo es un concepto puramente relacional, no un antes y un después de las cosas. Creer que, fuera de nosotros, existe un pasado y un porvenir es ilusorio, escribió Einstein al final de su vida. Pero sus palabras no fueron las últimas sobre el tema.

Al final de la segunda década del siglo XX, gracias a las observaciones de las galaxias realizadas con el nuevo telescopio de Mount Wilson en Estados Unidos, así como a su posterior clasificación, basada en sus respectivas formas y en el cálculo de sus distancias, efectuada por el astrónomo Edwin Hubble (1889-1953), se llegó a la conclusión de que las galaxias, como nuestra Vía Láctea, presentaban un movimiento de alejamiento recíproco con velocidades que no eran casuales, sino que aumentaban linealmente en proporción a su distancia, esto es, más rápidamente cuanto más lejos se hallaban. El universo, pues, no era estático, como habían creído los científicos hasta entonces (incluido Einstein), sino que se expandía colectivamente, lo cual obligaba a pensar en una evolución cósmica orientada a partir de un inicial punto de origen del espacio-tiempo, origen que después, irónicamente, se denominó *big bang* («gran explosión»). Mientras tanto, otros cosmólogos sostenían que el universo obedecía a una ley de contracción progresiva.

La cosmología no era la única en manifestar de nuevo la existencia de una evolución orientada entre un antes y un después. En física cuántica,



38. Salvador Dalí, *Reloj blando en el momento de su primera explosión*, tinta y lápiz, 1954. San Petersburgo (Florida), Salvador Dalí Museum.
Este dibujo, imagen de la transformación de la materia en energía, confirmada de forma trágica en 1945 por las bombas de Hiroshima y Nagasaki, retoma la figura del reloj de *La persistencia de la memoria*. Vemos un reloj doblado sobre sí mismo hasta encajar en un espacio tridimensional, cuya desintegración evoca el fin de la idea de permanencia de la materia en el espacio-tiempo de la relatividad general.

la medición de la energía o de la posición de una partícula también introduce una división unidireccional entre un antes y un después, en el sentido de que la observación únicamente hace pasar por todos los posibles estados «equiprobables» de energía y posición las energías y posiciones que han podido constatarse durante la observación de dicha partícula. En biología y química, la ciencia del siglo XX también reincorporó una noción de flecha del tiempo que imprimía un único sentido al curso de las cosas, una dirección obligada sin posibilidad de vuelta atrás. En el fondo, ¿la palabra «tiempo» no había significado siempre eso en la cultura occidental, si bien con lenguajes religiosos y científicos muy distintos a los de la ciencia actual?

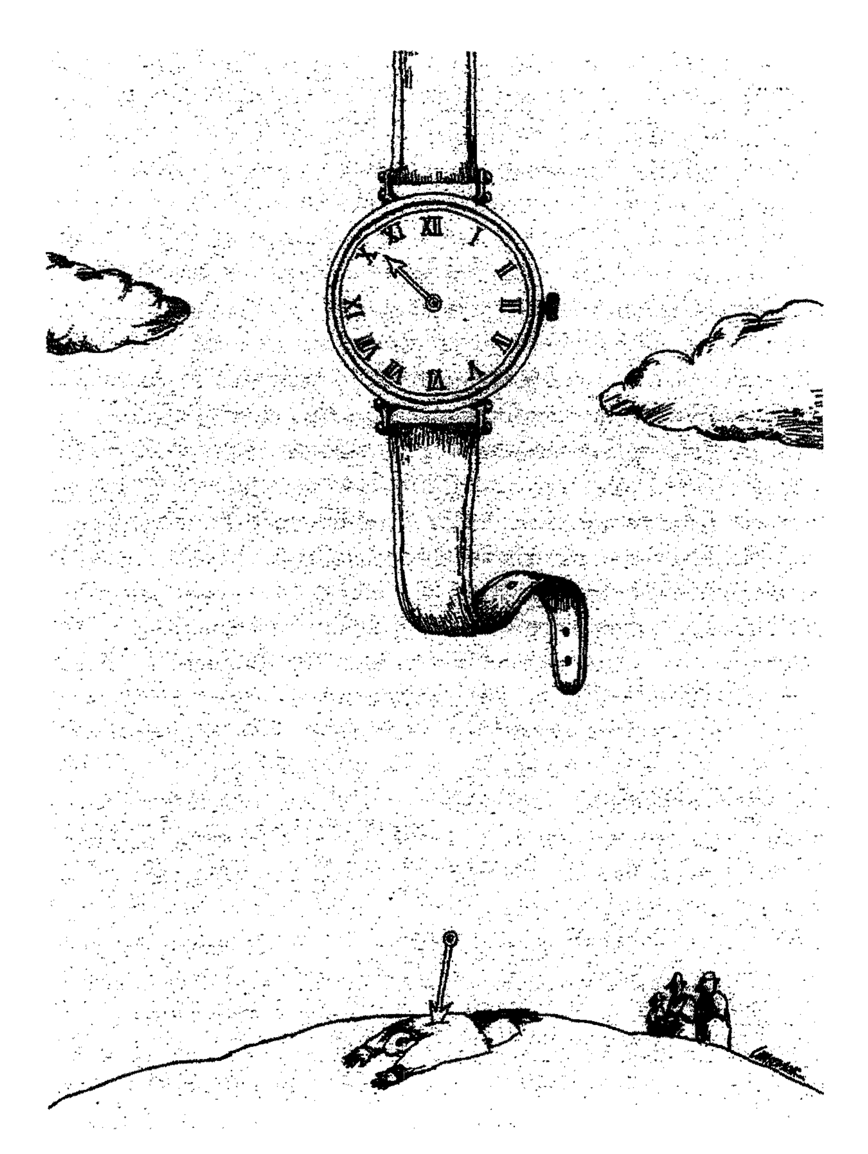
El descubrimiento, preparado por Poincaré y llevado a cabo por Einstein, de que el tiempo de los relojes, en sí, no existe, por tratarse de un concepto relacional indisolublemente vinculado a quien lo mide, y al modo en que lo mide, desató una importante polémica que trascendió las filosofías del siglo XX y las ciencias exactas. Desde un punto de vista cultural, el dato más significativo es que esta nueva caracterización relacional del tiempo, en el siglo pasado, se propagó desde la física y la cosmología hasta las ciencias humanas y sociales. En primer lugar, cabe citar la psicología, pues la influencia de la física relativista tuvo gran repercusión en las investigaciones de psicología genética de Piaget.

¿Cuándo tomaba forma la noción del tiempo? ¿Era anterior a la noción de velocidad o iba asociada a la misma? Tras estas preguntas, Piaget, en la década de 1930, organizó sus célebres experimentos sobre la formación de una lógica de las operaciones temporales en niños de edades comprendidas entre los tres y los ocho años. Experimentos a base de gestos, observaciones y entrevistas sobre series de eventos, correlaciones entre espacio, trabajo y duración, entre reconocimiento de velocidades y distancias… Todo ello demostró que la convicción de Kant acerca de que la sucesión de los fenómenos existía *a priori* era infundada. La lógica del razonamiento temporal no es espontánea, y tampoco es anterior a la experiencia, sino todo lo contrario: sucesión y reversibilidad, tanto en el pasado como en el futuro, son adquisiciones lógicas que el pensamiento alcanza por etapas a lo largo de la infancia, y que no se consolidan en la conciencia antes de los siete u ocho años de edad.

Este proceso de desarrollo empieza con la representación intuitiva de cambios, que primero está vinculada a los movimientos en el espacio y luego se separa de los mismos, hasta adquirir una noción abstracta del tiempo del reloj, adoptada como medida convencional reversible. Dentro de dicha evolución, el factor clave más sobresaliente es la identificación de la velocidad. Al igual que ocurría en la relatividad restringida de Einstein, en la psicología genética de Piaget el tiempo también es un concepto lógico estructurado en función de la velocidad, esto es, de una relación.

En su formulación abstracta, los experimentos de Piaget relegaban a un segundo plano aspectos como la percepción de la duración y el papel de la sociedad en la formación de las nociones del tiempo. En la segunda mitad del siglo xx, la psicología de Paul Fraisse y la sociología histórica de Norbert Elias incorporaron investigaciones sobre la dimensión social del tiempo, un ámbito que, hasta entonces, había permanecido sin explorar. El primero reunió bajo el nombre de «tiempo» un conjunto de formas de adaptación del individuo a los cambios en el ambiente y la sociedad, mientras que Elias, en su obra *Sobre el tiempo* (1984), evidenciaba el rol del tiempo como instrumento de un proceso de civilización, un tiempo que se ha ido transformando históricamente en función de las necesidades sociales, sobre todo del poder de control sobre la sociedad. Elias muestra estos aspectos a través de las transformaciones y usos sociales del calendario occidental, que culminan en la voluntad de la Iglesia de la Contrarreforma de modificarlo. La reforma se llevó a cabo en 1582, y su utilización acabó siendo tan universal que, al final, el calendario gregoriano acabó pareciendo algo «natural».

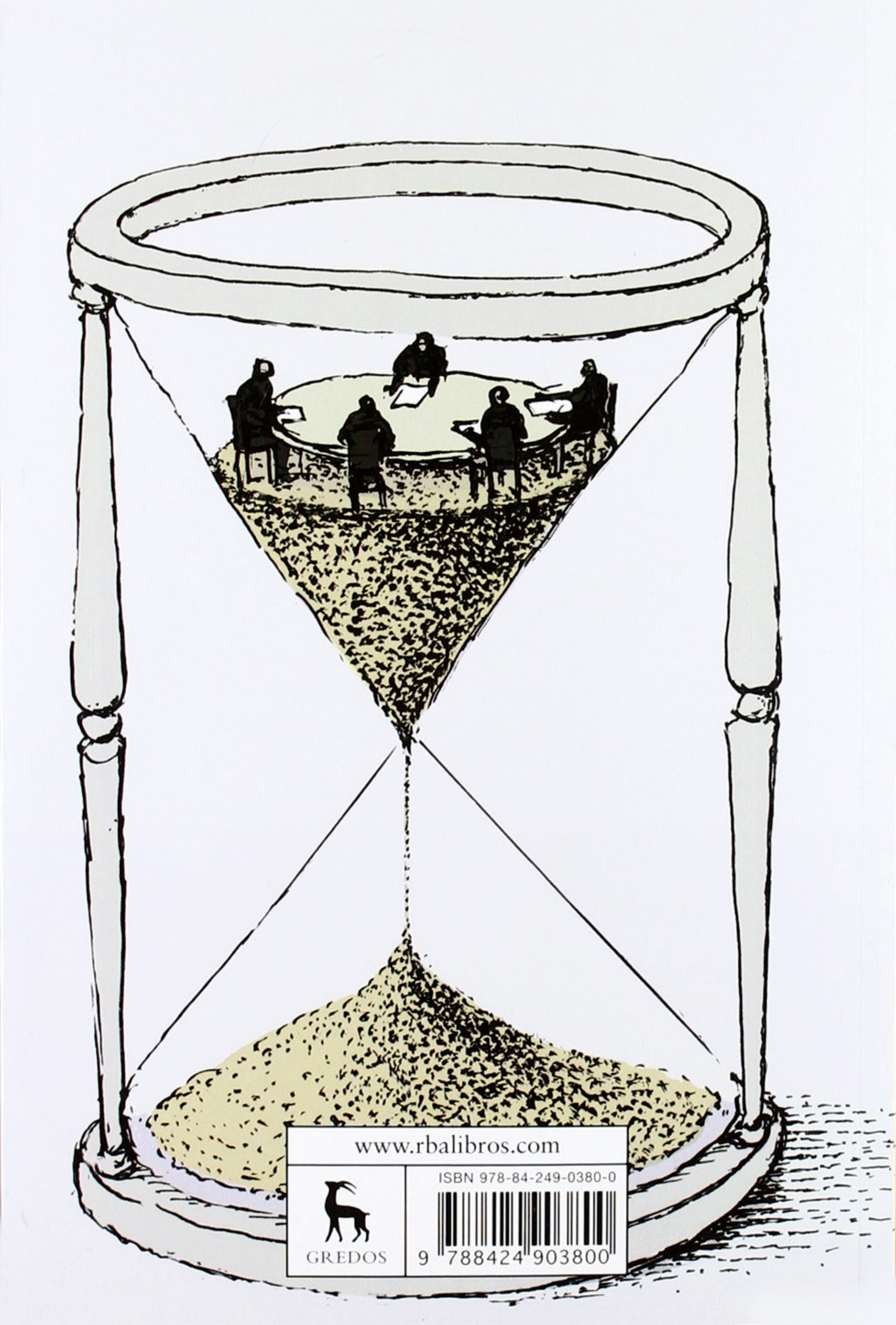
En una página de su ensayo *Sobre el tiempo*, el autor narra la fábula de un grupo de hombres que cada vez subían más a lo alto de una torre desconocida. La primera generación llegó al quinto piso; la segunda, al séptimo; la tercera, al décimo. Con el tiempo, los descendientes llegaron al centésimo piso, pero, una vez allí, la escalera se derrumbó, y entonces los hombres se establecieron en aquel piso: «Con el tiempo, olvidaron que sus antepasados habían vivido en pisos inferiores, y olvidaron cómo habían llegado hasta el centésimo piso. Ahora veían el mundo y a sí mismos desde la perspectiva del centésimo piso, y creían que las ideas que se habían forjado desde dicha perspectiva eran comunes a todos los hombres».[53]



39. Lido Contemori, dibujo a bolígrafo, *Humour Graphic*, 28 (1988).
La divinización del tiempo colectivo del reloj está representada por la ascensión al cielo de un enorme reloj de pulsera, cuyo minutero salta y nos ataca por la espalda.

Elias habla de la imposibilidad de pensar en el tiempo de un modo intemporal, fuera de la historia de las sociedades humanas. Al igual que esos hombres en lo alto de la torre, nosotros también somos prisioneros del dualismo entre tiempo subjetivo y tiempo objetivo, un dualismo que, como decíamos al principio, viene a ser como un laberinto. Y hemos olvidado cómo llegamos a este punto, con qué actos, preguntas y decisiones utilizamos el tiempo y lo plasmamos para coordinarnos con los fenómenos naturales y sincronizar nuestras cadenas de interdependencia social.

Lo que llamamos «tiempo» es, en realidad, un marco de referencia, el resultado de una vivencia humana, en cuya trama coexisten varias historias relacionadas entre sí. El tiempo no es aquel fluir invisible que Newton imaginaba como parte de lo creado, y que los hombres solo pueden medir de forma relativa. Es todo lo contrario: fueron los hombres quienes crearon y recrearon el tiempo a causa de sus exigencias, y acabaron dependiendo del mismo de manera absoluta, hasta el punto de tener que medirse ellos mismos con horarios y calendarios, y con el reloj, ese talismán moderno al que estamos encadenados sin remedio, por no decir —como sugiere uno de los dibujos satíricos de Contemori— que sus agujas nos han traspasado (fig. 39).



www.rbalibros.com

GREDOS

ISBN 978-84-249-0380-0

9 788424 903800